



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>



Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

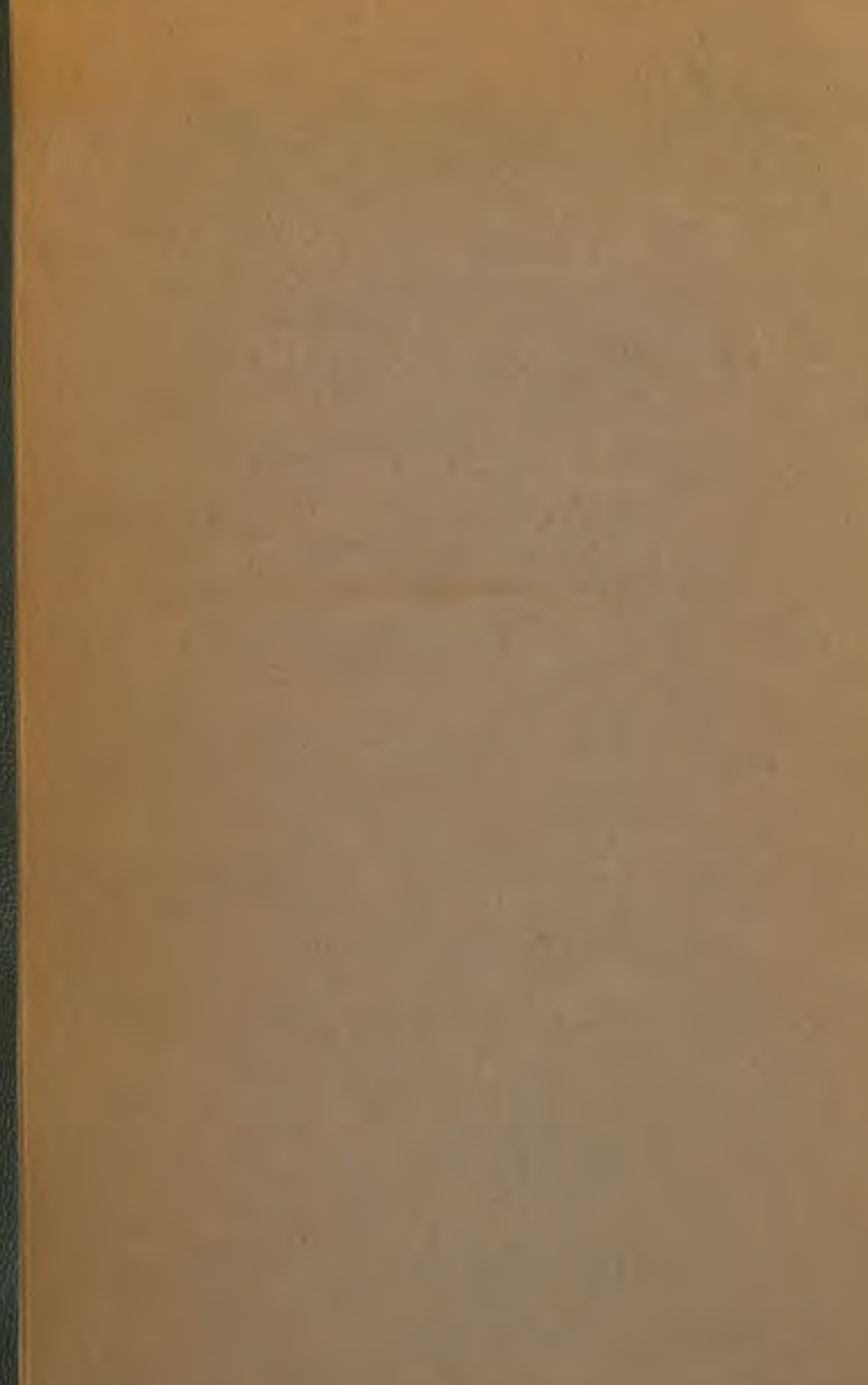
Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

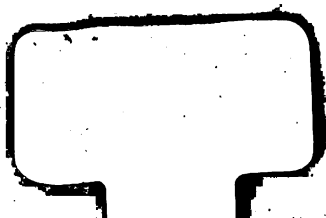
Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

- + *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.
- + *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.
- + *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.
- + *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter <http://books.google.com> durchsuchen.





Géolog. V. 35

DER

GEBIRGSBAU DER ALPEN.

VON

E. DESOR.



RZ 1635

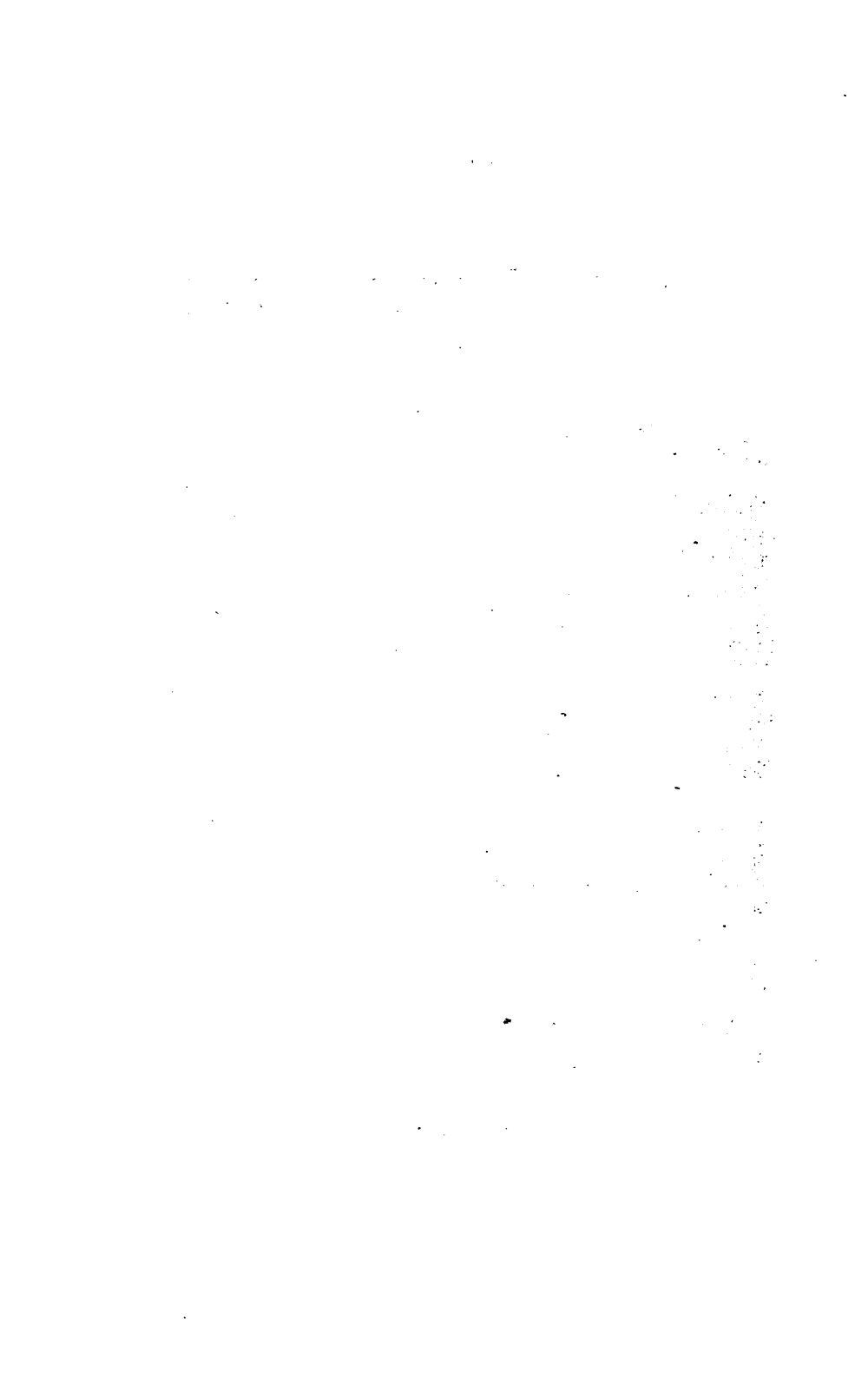


ARBENDRUCK UND ZWÖLF HOLZSCHNITTEN.

WIESBADEN.

C. W. KREIDEL'S VERLAG.

1865.



DER
GEBIRGSBAU DER ALPEN.

VON

Edward
E. DESOR.

AZ 1635

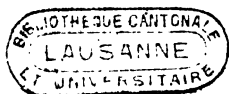
MIT EINER KARTE IN FARBENDRUCK UND ZWÖLF HOLZSCHNITTEN.



WIESBADEN.

C. W. KREIDEL'S VERLAG.

1865.



S.-S

Herrn

A. Escher von der Linth

Seinem treuen Gefährten auf den Firnen der Alpen und
in den Dünen der Wüste

widmet diesen Versuch

Der Verfasser.



Der Gebirgsbau der Alpen.



VORWORT.

Der vorliegende Versuch ist aus dem Wunsche entstanden, den Lehrern der Geographie in unseren höheren Schulen einige Daten zur Orientirung auf dem weiten Gebiete der Alpenkunde an die Hand zu geben, indem vorausgesetzt wird, dass eine rein politische Eintheilung in Oesterreichische, Bayrische, Tyroler, Schweizer, Piemonteser Alpen etc. den Bedürfnissen der Zeit nicht mehr entspricht. Es musste somit eine sicherere und tiefere Grundlage gesucht werden, als sie die Topographie bieten kann. Die Geologie, als die Kunde von dem inneren Gerüste und zugleich dem Plan des ganzen Alpenbaues musste vor Allem zu Rathe gezogen werden. Ob es uns gelungen, dem gegenwärtigen Stand dieser Wissenschaft und den vielen erfolgreichen Bestrebungen zur Erkenntniss der Alpenstruktur gerecht zu werden, müssen wir bezweifeln. Es dürften namentlich die uns weniger bekannten östlichen Theile der grossen Kette mancherlei zu wünschen übrig lassen. Um so willkommener soll uns jede freundliche Berichtigung sein.

Dem orographischen und geologischen Versuch folgt als Anhang eine Schilderung der erratischen Erscheinungen in der Schweiz und ein Versuch zur Deutung der Alpen-Seen.

Die deutsche Bearbeitung dieses Werkes verdanke ich meinem bewährten Jugendfreund, Hrn. Prof. G. Theobald, welchem ich zugleich für viele und wichtige Aufschlüsse im Bereich der von ihm so gründlich erforschten Gebiete der Rhätischen Alpen verpflichtet bin.

Neuchâtel, November 1864.

E. Desor.

Inhaltsverzeichnis.

Vorwort.

- I. **Orographie** S. 1. — Beschreibung der Centralmassen 11. — Centralmasse der Ligurischen Alpen 12. — Der Seealpen 12. — Der Cottischen Alpen 13. — Der Grajischen Alpen 14. — Der Sesia 16. — Des Monte Rosa 16. — Des Pelvoux oder Oisans 17. — Der Vannoise 18. — Von Wallis 18. — Des Simplon 19. — Von les Rousses 20. — Von Belledone oder der Westalpen 21. — Des Montblanc 22. — Der Aiguilles rouges 23. — Des Finsteraarhorns 24. — Des St. Gotthard 25. — Des Tessin 25. — Des Adula 26. — Des Sureta 27. — Der vier Seen 28. — Des Bernina 29. — Des Monte Adamello 31. — Der Selvetta 32. — Des Stelvio 33. — Des Oetzthalcs 34. — Des Ortles 36. — Der Trientiner Alpen 36. — Der Tauern 37. — Des Ankogels 38. — Der Drau 39. — Der Carnischen Alpen 39. — Der Steyrischen Alpen oder des Hochgolling 40. — Des Gurk 40. — Der Kärnthner Alpen 40. — Des Bacherwaldes 41. — Des Sömmering 41.
- II. **Geologie** 42. — Geschichtete Felsarten 42. — Reihe der paläozoischen und Uebergangsbildung 46. — Steinkohlenformation 47. — Permische Formation 48. — Unbestimmte Formen des Uebergangsgebirgs 48. — Secundäre Formationen. Triasbildungen 48. — Bunter Sandstein 49. — Muschelkalk 50. — Keuper 50. — Infra Lias 52. — Liasformation 52. — Jura oder Oolitformationen. Unteroolit oder Dogger 54. — Mittlerer Oolit 55. — Oberer Oolit 57. — Die Kreideformation 57. — Kreide am Südfuss der Alpen 61. — Reihe des Tertiärlandes. Eocenformation 62. — Flysch oder Macigno 64. — Miocene-Gebilde 66. — Uebersicht des südlichen Abhanges der Alpen.
- III. **Beziehungen zwischen Geologie und Orographie.** Joche und Pässe 70. — Thäler der Alpen 71. — Querspaltenthäler 71. — Längsspaltenthäler 73. — Muldenthäler 74. — Rofias 75. — Stellung und Vertheilung der Centralmassen in Gruppen oder Erhebungssysteme 76. — Gliederung der Centralmassen in den Rhätischen und östlichen Alpen 81. — Beziehungen der Erhebungszonen zu einander 83. — Uebersicht der Geschichte des alpinen Bodens 87. — Die Periode vor der letzten Alpenhebung 87. — Die Periode nach der letzten Alpenhebung 91.
- IV. **Die erratischen Erscheinungen in den Alpen** 95. — Die erratischen Blöcke 95. — Die Moränen 96. — Erratische Böden 98. — Abgeriebene und geglättete Felsflächen, Gletscherschliffe 100. — Grenzen der Gletscherschliffe 103. — Kessel- oder Riesentöpfe 106. — Karrenfelder 106. — Beziehungen der erratischen Erscheinungen zu einander 107. — Erratische Becken 108. — Erratische Becken der italienischen Seite 110. — Phasen der Eiszeit 111. — Altes Aluvium auf der italienischen Seite der Alpen. Theorie der Auswühlung durch die Gletscher 115. — Theorie des Fortbestandes der Seen. — Theorien zur Erklärung der Eiszeit. — Escher's Theorie.
- V. **Deutung der Alpen-Seen** 123. — Mulden-, Clusen- und Comben-Seen 128. — Die Berg-Seen 130. — Die Auswaschungs-Seen 132. — Ursprung und Alter der Auswaschungs-Seen 135. — Parallelismus der Seen und der Flüsse 138. — Die italienischen Seen 140. — Die Moränen-Seen 143. — Abnahme der Seen im Laufe der Zeiten 144. — Schlussfolgerungen 147.
- Ein Wort über die Karte** 149. — Verzeichniss der Krystallinischen Massen 150:

I. O r o g r a p h i e.

Wenn man von der Mitte der Po-Ebene aus seine Blicke den Horizont durchlaufen lässt, so sieht man sich von einem unermesslichen Gebirgswall umgeben, welcher im weiten Kreise die Aussicht begrenzt und nur auf einer Seite, gegen Osten hin, offen ist. Ungeachtet dieser ringförmigen Stellung, weiss doch Jedermann, dass diese Berge, die man unter dem gemeinsamen Namen der „Alpen“ kennt, in der That ein Ganzes bilden, dass sie alle zusammen eine und dieselbe grosse Kette sind. Man erhält denselben Eindruck, wenn man die Alpen auf einer Uebersichtskarte betrachtet. (Siehe die beiliegende Karte.) Es ist augenscheinlich, dass dieser grosse Gebirgswall, welcher an den Ligurischen Alpen, oder doch wenigstens an den Seealpen anfängt, sich von da um die Ebene von Piemont herumbiegt, und dann bis nach Wien in Oestreich fortstreicht; — im Ganzen ein zusammen gehöriges Gebirgssystem bildet.

Es ist wahr, dass dieser allgemeine Eindruck, den das Alpensystem macht, im geraden Widerspruch mit einer Theorie steht, die vor Kurzem viel Ansehen und Verbreitung hatte, und nach welcher jede Gebirgskette eine besondere, ihr eigenthümliche Richtung besässe, welche mit dem Aequator einen bestimmten Winkel mache, so dass man von dieser Richtung, die man nothwendig als eine gerade annehmen müsse, auf das Alter der Erhebung schliessen könne. Die Beschaffenheit der Alpen scheint nun dieser Ansicht nicht günstig zu sein. Ihre Formen und ihre Umrisse sind vielmehr von der Art, dass sie das Ganze als die Wirkung einer einheitlichen Ursache, als das Ergebniss einer und derselben Erhebung erscheinen lassen.

In dieser weit ausgedehnten Gebirgskette finden sich einzelne Theile, welche sich mehr oder weniger gut von den andern abgliedern, mehr oder weniger scharf begrenzte Gruppen oder Massen bilden. So hat man schon seit langer Zeit die Ligurischen, die Seealpen, die West-

alpen, die Cottischen, die Grajischen, die Penninischen, die Berner, die Norischen, Carnischen und Julischen Alpen unterschieden.

Die geographischen Eintheilungen der Alpen, so wie sie von den Zeiten des Alterthums her gemacht worden sind, knüpfen sich mehr an die Orographie, als an die Geologie; sie sind aus dem Bedürfniss entstanden, gewisse Trennungen festzuhalten, welche die Natur selbst aufgestellt hat. So bilden die Seealpen mit ihrem centralen Granitkamm, der von vier Seiten abgegrenzt ist, nördlich durch den Lauf der Stura, südlich durch den der Tinea, westlich durch den Col de la Madelaine und östlich durch den Col di Tenda, entschieden eine wohl bestimmte Gruppe, eine Einheit sowohl von dem geologischen, als von dem orographischen Standpunkt aus. Die Berner Alpen sind nicht weniger gut abgegrenzt, denn sie bilden eine fortlaufende Kette zwischen Rhone und Rhein mit einer Kernmasse von krystallinischem Gestein, die sich regelmässig aus der Mitte einer Umhüllung von Sedimentgesteinen erhebt.

In demselben Falle sind die Cottischen Alpen und überhaupt alle diejenigen Gruppen, deren krystallinische Kerne gut umschrieben sind. Wenn dagegen diese letzteren sehr nahe an einander liegen, so kann es geschehen, dass die scheidenden Zwischenräume so eng geworden sind, dass jede Einsenkung verschwindet, und dieselben auch nicht mehr den Gedanken an eine Trennung erwecken. So ist es zwischen den Centralmassen von Wallis, Simplon und Monte-Rosa. In der That sieht man zwar Massen von Sedimentgesteinen zwischen denselben gelagert, aber in Folge der gewaltigen Umwälzungen, welche die ganze Gruppe erfahren hat, bestehen diese Scheidungen nur für den Geologen, während der Topograph keinen Grund hat, hier irgend eine Trennung anzunehmen. So werden denn diese drei Centralmassen mit ihren Zwischenzonen von Sedimentgestein, welche letztere nicht weniger colossale Berge bilden als erstere (wie der Mischabel und das Matterhorn beweisen) unter dem gemeinsamen Namen der Penninischen Alpen zusammengefasst. Man begreift sogar manchmal noch den Montblanc mit darunter.

Dieselbe Anschauungsweise lässt sich auf die Norischen und bis zu einem gewissen Grad auch auf die Rhätischen Alpen anwenden. Hier ist die geographische Eintheilung nicht mehr der Ausdruck des geologischen Baues; sie ist einzig auf die Topographie gegründet, und da man doch Grenzen für diese Gruppen haben musste, so hat man als solche die nächsten Thäler und Engpässe angenommen. So verlängern sich die Penninischen Alpen nach Osten bis an die Toce und im

Westen bis an die Dora Baltea und die Norischen Alpen erstrecken sich von der Etsch bis nach Wien.

Der Geologe kann sich mit einer so oberflächlichen Eintheilung nicht begnügen. Der Bauplan der Alpen beruht auf andern Grundlagen als äusseren Umrissen; er ward durch tiefere Gesetze vorgezeichnet und beherrscht, die recht wohl erkannt werden können, trotz der Unregelmässigkeiten und Umwälzungen, die einen so mächtigen Einfluss in der Alpenkette ausgeübt haben. Es sind diese Gesetze die wir hier in klarem Ausdruck wiederzugeben suchen wollen, mitten unter den scheinbar abweichenden Erscheinungen an der Oberfläche, etwa so wie der Anatom die Grundgesetze des Organismus unter den unähnlichsten und ungleichsten Formen herausfindet.

Die Formen und das äussere Aussehen der Berge sind durch zwei Ursachen bedingt, nämlich: die Natur der Felsarten, welche sie zusammensetzen, und die Intensität der erhebenden Kraft, welche sie aufsteigen liess.

Es ist offenbar, dass weder die Molasse noch der Flysch so kühn aufsteigende Hörner bilden konnten, wie etwa der Mont Viso und Mont Cervin. Die Gestalt der letzteren setzt nothwendig feste Felsarten voraus. So auch die weiten circusartigen Felsenthäler, wo die Werkstätte der Gletscher ist. Die tiefen Schluchten, durch welche diese sich herabsenken, und die Spuren der frühern Ausdehnung der Gletscher, welche sich daselbst erhalten haben, erfordern Gesteine von einer besonderen Widerstandskraft.

Da die Härte der Gesteine häufig in geradem Verhältniss mit ihrem Alter ist, so hat man lange Zeit daraus schliessen wollen, dass die Alpen sehr alt sein müssten. In der That bestehen viele ihrer Hauptmassen aus Granit, Gneiss und andern krystallinischen Felsarten, die im Allgemeinen älter sind als die geschichteten Gesteine. Diese letzteren galten ebenfalls für sehr alt, wegen ihrer Structur, welche im Allgemeinen sehr verändert ist, besonders im Innern der Gebirge. Die Kalke sind daselbst häufig geschwärzt oder gebleicht, die Schiefer mehr oder weniger krystallinisch, die Steinkohlen sind in Anthracit umgewandelt. Nur an den Aussenrändern der Ketten erscheinen die Felsarten in der ihnen eigenen Natur und dem damit verbundenen Aussehen.

Ebel und die übrigen alten Geologen und Geographen nahmen an, dass die Alpen aus Parallelketten bestehen, welche nach ihrer Höhe stockwerkartig geordnet seien. Die höchsten nehmen die Mitte des Systems ein und bilden die Wasserscheide. Von diesem Mittelkamme

glaubte man eben darum, weil er central sei, dass er aus den ältesten Felsarten bestehe. Dort sollten sich Granit, Syenit, Gneiss u. s. w. finden, während Kalkstein, Sandstein und Schiefer die äusseren und spätern Ketten gebildet hätten.

Die neueren Untersuchungen haben diese Theorie nicht gerechtfertigt. Wahr ist es, dass die höchsten Gipfel der Alpen aus krystallinischen Felsarten bestehen, der Montblanc aus Protogin, der Monte Rosa aus Gneiss, die Dent blanche aus talkigem Granit; aber mit Unrecht würde man annehmen, dass alle krystallinischen Centralmassen nothwendig sehr hoch sein müssten, oder dass es umgekehrt nicht sehr hohe Berge geben könne, die aus Sedimentgesteinen gebildet seien. Der Eiger und das Wetterhorn geben an Höhe jenen andern wenig nach und doch bestehen sie aus Kalk.

Es gehört den neueren Geologen der Schweiz das Verdienst, den Bauplan in dem Felsengebäude der Alpen entziffert zu haben. Statt einer centralen von parallelen Seitenketten begleiteten Hauptkette, stellte B. Studer eine Anzahl von Gebirgsgruppen auf, welche ebenso viele getrennte ellipsoidische Centralmassen bilden, die bald unter sich parallel, bald wie die Felder eines Schachbretts gestellt sind.

Die Zwischenräume zwischen den krystallinischen Ellipsoiden oder Centralmassen waren von den älteren Geologen ziemlich vernachlässigt worden. Man weiss jetzt, dass diese Zwischenräume, welche als so viele Mulden anzusehen sind, aus Felsarten bestehen, welche durchaus verschieden sind von denen der krystallinischen Centralmassen. Es sind gewöhnlich geschichtete Gesteine von weniger harter und dauerhafter Textur und Beschaffenheit.

Um sich einen richtigen Begriff von dem Verhältniss der Mulden zu den krystallinischen Centralmassen zu machen, kann man sich wohl die letzteren als eben so viele Inseln vorstellen, die sich aus einem horizontalen Becken erhoben hätten. Beim Durchbruch derselben haben sich ihre Felsmassen in Formen von Fächern auseinander gelegt, indem sie zugleich den Boden, aus welchem sie sich erhoben, nach allen Seiten zurückdrängten, dessen Schichten von da an gewöhnlich stark geneigt, oft übergeworfen und umgekehrt sind.

Da aber keine dieser Centralmassen sich in der ganzen Länge der Kette ausdehnt, sondern alle, auch die längsten, eine begrenzte Erstreckung haben, so folgt daraus, dass die Zwischenräume, welche die ursprüngliche Oberfläche darstellen, nothwendig mehr oder weniger zusammenhängen. Diese Zwischenräume sind nun von der grössten Wichtigkeit, ja die Hauptsache zum Verständniss des Baues der Alpen.

Sie sind es, welche der Geologe vorzugsweise befragen muss, wenn er die Folge der Schichten enträthseln will. Die krystallinischen Massen sind gewissermassen nur Eindringlinge.

Es kann das Aufsteigen der krystallinischen Kerne auf verschiedene Weise erklärt werden. Die Thatsache, dass sie aus krystallinischen Felsarten bestehen, führt ziemlich natürlich zu der Ansicht, dass diese Felsarten dem Feuer ihren Ursprung verdanken, dass sie in feuerflüssigem oder breiartigem Zustand dem Schoosse der Erde entstiegen seien. Diess ist die im Allgemeinen angenommene Meinung, wenigstens was den Granit betrifft. Auf der andern Seite darf man nicht ausser Acht lassen, dass der grösste Theil dieser Granite in Form von Bänken und Platten abgelagert ist, die sehr lebhaft an den Bau der Sedimentgesteine erinnern. Die Felsen des Finsteraarhorns und des St. Gotthard sind wesentlich aus solchem geschichteten Granit gebildet. Zwischen diesem Granit und dem Gneiss ist der Uebergang fast unmerklich und man weiss, dass der Gneiss seinerseits allmählich in Glimmerschiefer, wohl auch in Talkschiefer übergeht, welcher dann wieder mit dem grünen und grauen Schiefer eng verbunden ist.

Es ist nicht lange her, dass alle diese Felsarten als plutonisch angesehen wurden. Aber in dem Maasse, als das Studium und die Kenntniss des Metamorphismus (Umwandlung der Gesteine) Fortschritte machte, hat man sich genöthigt gesehen, eine Menge Felsarten, die man sonst für plutonisch hielt, in die Reihe der umgewandelten Sedimentgesteine zu stellen. So sind die Casannaschiefer in Engadin (Graubünden) nach H. Theobald entschiedene Sedimentgesteine, obgleich sie dem Glimmerschiefer täuschend ähnlich sehen. Es gibt sogar Glimmerschiefer, in welchem man in neuerer Zeit Versteinerungen gefunden hat, wie z. B. Belemniten in den schwarzen Glimmerschiefern der Furka. Was aber von dem Glimmerschiefer erwiesen ist, das könnte auch bei den Gneissen und selbst bei manchen Graniten stattfinden.

Da diese Thatsachen vorliegen, begreift man, dass manche Geologen versucht gewesen sind, einer Menge kristallinischer Felsarten den eruptiven Charakter abzusprechen und nur die Porphyre und die porphyrtartigen Granite am Südfusse der Alpen als solche zu betrachten, indem sie nicht nur den Glimmerschiefer, sondern auch den flaserigen Gneiss, den Granit des St. Gotthard und selbst den Protogin des Montblanc, den metamorphischen Felsarten einordneten.

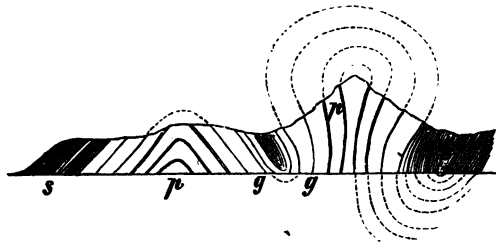
Ohne den Werth der Ergebnisse verkennen zu wollen, welche in dieser Richtung erlangt worden sind, können wir doch nicht alle die Consequenzen annehmen, welche man von gewissen unerwarteten Entdeckungen hat ableiten wollen, in so fern sie zu nichts Geringerem

führen würden, als dahin, die eruptiven Gesteine nahezu aus dem Gebiete der Alpen auszuschliessen. In Folge dessen fahren wir fort, mit Studer nicht nur den Gneiss, sondern auch den Glimmerschiefer so lange zu den krystallinischen Eruptivgesteinen zu zählen, als uns nicht durch die Gegenwart von Versteinerungen oder durch Wechsellagerung mit Kalk, Kohle oder Dolomit, ihr sedimentärer Ursprung erwiesen wird.

Von dem orographischen Standpunkte aus ist es übrigens einerlei, ob die krystallinischen Kernmassen alte Laven oder alte geschichtete durch Metamorphismus veränderte Gesteine sind. Der Hauptpunkt ist, zu wissen, dass sie von unten nach oben gehoben worden sind, und dass, um ihren Durchbruch zu ermöglichen, die oberflächlichen Schichten zerbrochen und zerrissen worden sind.

Der Durchbruch der krystallinischen Centralmassen hat nicht an allen Punkten der Alpenkette mit derselben Intensität stattgefunden. An den Enden der Kette, sind sie nicht nur weniger zahlreich, sondern auch weniger hoch als in der Mitte, was einen weniger kräftigen Druck voraussetzt, und da ihr Durchbruch nicht durch andere Erhebungen beeinträchtigt war, so haben sie auch weniger bedeutende Umwälzungen verursacht. Die Kernmassen haben sich bei ihrem Aufsteigen darauf beschränkt, die Sedimentgesteine zu erheben, welche sich nur einfach auseinander thaten, um jenen den Durchgang zu gestatten. Daher kommt

Fig. 1.



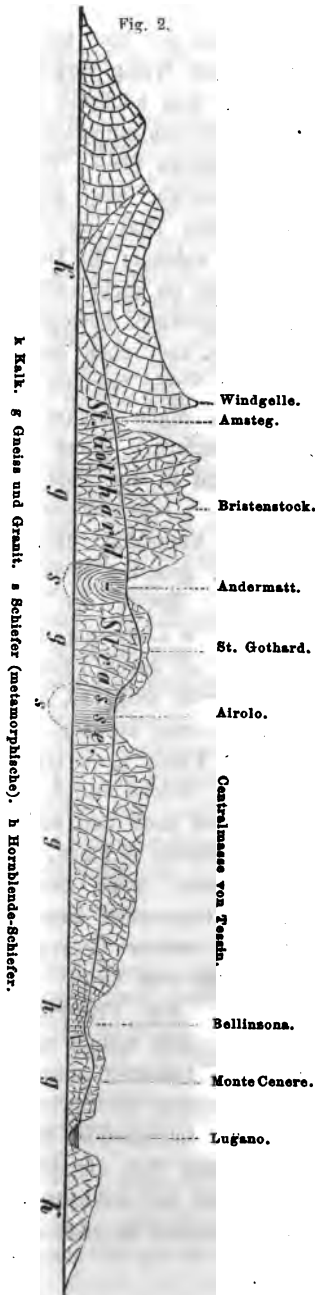
p. Protogin. g. Gneiss. s. Schiefer.

es, dass in der Umgebung dieser Centralmassen die Schichten ziemlich regelmässig nach aussen einfallen, mit andern Worten, dass sie antiklinal sind, etwa wie die Flächen eines Daches.

Anders musste sich die Sache in der Mitte der Kette, namentlich in den Schweizer, Französischen und Piemontesischen Alpen gestalten. Die Centralmassen oder krystallinischen Ellipsoiden, durch einen weit grösseren inneren Druck empor getrieben, wurden zu sehr grosser Höhe erhoben, was auf sehr merkliche Weise auf die Sedimentgesteine zurückwirken musste. Diese wurden nicht allein gehoben und aufgerichtet, sondern sind auch oft durch den Druck der auftauchenden Massen zurückgebogen und überworfen worden.

Die krystallinischen Centralmassen mussten jedesmal, wenn sie zu einer gewissen Höhe gehoben wurden, zerbrechen und sich spalten, was ihnen dann erlaubte, sich wie Garben auseinander zu legen. Auf diese Weise ist die Fächerstructur entstanden, welche für die grossen Ellipsoiden in den mittleren Theilen der Alpen so charakteristisch ist. Die Gneisse *g* und Schiefer *s*, welche die äussere Umhüllung dieser ungeheuren Auftreibungen bilden, wurden nach den Seiten zurückgebogen, während die Granite und Protogine, wenn solche vorhanden sind, immer den Mittelpunkt einnehmen und zuweilen zur Bildung weiter Kreisthåler (cirques) Veranlassung geben, z. B. am Montblanc, an den Sept Laux in der Kette von Belledonne u. s. w. Es kann auch vorkommen, dass zwei krystallinische Kernmassen so nahe an einander rücken, dass sie sich in derselben Kette fast berühren, die eine mit Fächerstructur und Ausbreitung des Protogins in der Mitte, die andere mit einfachen Gneissstreifen und antiklinaler Lage, wie in dem beistehenden Profil der Westalpen (Fig. 1), welches ich Herrn Lory entlehne.

Da wo mehrere grosse Centralmassen aus krystallinischem Gesteine auf einem engen Raume zusammentreffen, kann es vorkommen, dass die zwischen ihnen liegenden Zonen oder Mulden durch das Eingreifen der krystallinischen Felsarten so zusammengedrückt wurden, dass sie beinahe verschwinden; die Fächer der letzteren entwickeln sich gleichsam zum Nachtheil der Sedimentgesteine, welche die inneren Räume einnehmen. Dieses wird der hier beifolgende Durch-



Dieses wird der hier beifolgende Durchschnitt des St. Gotthard in ausgezeichneter Weise veranschaulichen:

Auf dem höchsten Punkte der Passhöhe, wo das Hospiz gelegen ist, befindet sich ein granitischer Kern in Form eines breiten Plateaus mit einigen kleinen Seen. Steigt man in der Richtung von Altorf hinab, so gelangt man über einen ziemlich steilen Abhang zu einer ersten grossen Vertiefung, dem Thal von Urseren, einer Art von Thalkessel mit flachem Boden, in welchem die Dörfer Hospenthal und Andermatt liegen. Diese Einsenkung ist nicht zufällig. Die grossen Felsen, welche sie auf allen Seiten begrenzen, bestehen in der That aus krystallinischen Gesteinen; wenn man aber eben diese Felsen genau untersucht, so entdeckt man an ihrem Fusse Schiefer von sehr lockerer Beschaffenheit, auf welchen sich die wenigen Aecker befinden, die den Einwohnern ihre mageren Gemüse liefern. Diese Schiefer sind zum Theil ganz schwarz und kohlig, und in der That ist es sehr wahrscheinlich, dass sie die Kohlenformation repräsentiren. Sie streichen von N.O.—S.W., und wenn man von Andermatt über Realp nach der Furka geht, so sieht man sie immer grössere Breite gewinnen, so dass sie an der Furka selbst die ganze Breite der Passhöhe einnehmen. Die Einsenkung, mit welcher ihre Lagerung übereinstimmt und welche sie zum Theil noch ausfüllen, ist durch Erosion entstanden, welche die Schiefer zum Theil zerstört und aufgelöst hat, während sie auf den Granit so gut als keine Wirkung ausübte.

Am Urner Loch tritt man aufs Neue in die krystallinischen Felsarten ein, welche zuerst in Form von Glimmerschiefer und Gneiss auftreten, und nach und nach in wirklichen Granit übergehen. Das Erscheinen dieses Granits, dessen Anwesenheit man sich nur schwer erklären kann, wenn man nur eine granitische Centralkette annimmt, wird im Gegentheil äusserst natürlich, sobald man die Ansicht zulässt, dass hier mehrere Centralmassen zusammentreffen. In der That gehört der Gneiss vom Urner Loch einer andern Centralmasse an, nämlich derjenigen des Finsteraarhorns, welche von der Jungfrau herüberstreichend sich östlich nach den Clariden verlängert, wo dann ihr krystallinisches Gestein unter den Schiefer- und Kalkfelsen des Tödi und Bifertenstockes verschwindet.

Das Finsteraarhorn-Massiv, in welches die Reuss tief einschneidet, setzt sich so weit fort, als die Thalenge reicht, das heisst bis nach Amsteg. Es ist dies der wildeste Theil des Thales. Bei Amsteg erweitert es sich ansehnlich in eben dem Maasse, als die Windgelle von der rechten,

und der Uri-Rothstock von der linken Seite her an der Stelle der krystallinischen und metamorphischen Felsen treten.*)

Wenden wir uns nun zu dem südlichen Abhang. Entfernt man sich von der Höhe des Gotthardberges, wo das Hospiz liegt, um nach Italien hinabzusteigen, so kommt man zunächst über einen nicht weniger steilen Abhang als auf der Nordseite gegen Andermatt. Es ist derselbe Granit in mächtigen aufgerichteten Bänken. Statt aber nach Süden geneigt zu sein, fallen nun die Bänke in nördlicher Richtung ein und es entsteht so der bekannte Fächer des St. Gotthard. Dieser Gebirgscharakter erhält sich bis nahe bei Airolo, wo man wieder ein Thal trifft, dessen Richtung mit derjenigen der Granitbänke übereinstimmt. Die Sohle dieses Thales ist mit verwitternden Felsarten gefüllt, welche von denen des St. Gotthard sehr verschieden sind. Da lagern weiche Schiefer, Stücke von Gyps und Dolomit und überhaupt eine ganze Reihe von Sedimentgesteinen. Es ist diess offenbar das Seitenstück des Thales von Andermatt, eine Art Mulde zwischen zwei Centralmassen. Diese Mulde setzt sich westlich in das Val Bedretto fort, und verlängert sich östlich in das Plateau des Lukmanier.

Von Faido ab geht die Strasse in eine andere krystallinische Centralmasse, nämlich die von Tessin über. Es ist diese viel breiter als die vorigen, zugleich aber auch weniger hoch und zerrissen. Die Felsart ist ziemlich einförmig Gneiss, der ohne Unterbrechung bis nach Bellinzona fortsetzt. Es findet sich dann ein drittes Thal, das einer Zone von Hornblendegesteinen entspricht, welche sich südwestlich bis nach Biella fortsetzt. Jenseits Bellinzona erscheint das krystallinische Gestein von neuem und bildet eine andere aus Gneiss bestehende Centralmasse, die der vier Lombardischen Seen, wovon unter andern der

*) Derselbe Charakter des Gebirgs erhält sich bis nach Brunnen, mit dem einzigen Unterschied, dass von Flüelen an der Thalgrund durch einen Zweig des Vierwaldstätter Sees ausgefüllt ist. (Urner See). Allein diess hat keinen Einfluss auf den orographischen Charakter des Thales, der sich von Amsteg bis nach Brunnen ganz als derselbe behauptet. Auch braucht man durchaus kein besonders fachkundiger Beobachter zu sein, um beim Durchwandern des Thales zu bemerken, dass der See sich ehemals bis nach Erstfeld erstreckte, und dass, wenn dieser Theil jetzt ausgefüllt ist, diess durch die Anschwemmungen der Reuss geschah.

In dem Maasse, als man sich von den krystallinischen Centralmassen entfernt, treten die Charaktere der Felsbildungen immer deutlicher hervor, so dass man an den Wänden des Axenberges hin, die verschiedenen Formationen unterscheiden kann, aus welchen diese schönen Berge aufgebaut sind. (Siehe Lusser in den Denkschriften der Schweiz. Naturf. Ges. Bd. 6.)

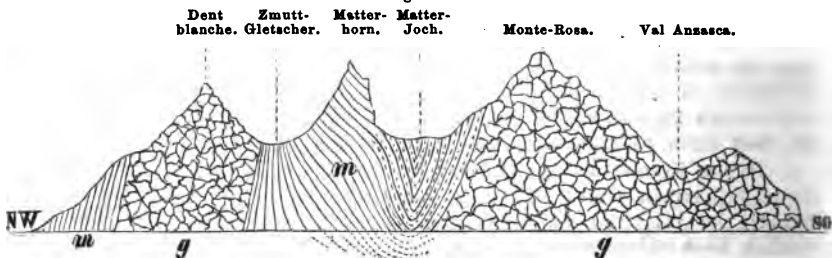
Monte Cenere ein Theil ist. Auch diese durchschneidet die Strasse von Bellinzona nach Lugano.

Lugano und seine Umgebung liegt schon auf der äusseren sedimentären Bekleidung dieses Theiles der Alpen, wovon jedoch die Porphyre auszunehmen sind, die einen Theil seiner Seeufer bilden. Wir finden hier zunächst Triasbildungen, dann Lias, einige zerstreute Lappen der Kreideformation und als letzte Begrenzung Eocenschichten.

Auch hier noch finden wir viele Vergleichungspunkte mit dem, was man auf der Nordseite des St. Gotthard bemerkt, mit dem Unterschied jedoch, dass die Schichten der verschiedenen Formationen, wenn auch sehr steil einfallend, doch nicht umgebogen und über einander geworfen sind, wie das längs der Reuss der Fall ist. Wir werden weiterhin sehen, dass der See von Lugano sich ebenfalls in vieler Beziehung mit dem Vierwaldstädter See vergleichen lässt.

Der Durchschnitt des St. Gotthard, den wir so eben zergliederten, ist also in orographischer Hinsicht aus drei wesentlichen Elementen zusammengesetzt: aus den krystallinischen Kernmassen, aus den zwischen- gelagerten Zonen zusammengedrückter Mulden und aus den äusseren Bekleidungen. Alle drei haben jedes seine ihm eigenthümlichen Felsarten: die Granite und Gneisse entsprechen den Centralkernen, die metamorphischen Schiefer den Mulden und die nicht veränderten Sedimentgesteine der äusseren Umhüllung. In dem Durchschnitt des St. Gotthard haben wir vier Centralmassen (gggg) drei Mulden (ssh) und zwei (kk) äussere Bekleidungen. Hier haben daher die krystallinischen Gesteine bedeutend das Uebergewicht über die Sedimentgesteine. Aber es ist diess doch nicht ebenso in allen Theilen der Kette. An andern Punkten sind die krystallinischen Massen weniger einander genähert, es können sich also die Mulden mehr in die Breite ausdehnen wie z. B. zwischen der Selvretta und dem Oetzthaler Gebirg, oder es ist nur eine Kernmasse vorhanden, welche sich mitten aus den geschichteten Gesteinen

Figur 8.



g Gneiss. m metamorphischer Schiefer.

erhebt; diess letztere ist die einfachste Form, wie sie an den Endpunkten der Alpenkette erscheint.

Mitunter kann auch der Seitendruck der verschiedenen Kernmassen die sich gegenseitig Widerstand leisteten, so gross gewesen sein, dass nicht nur die Mulden, welche ursprünglich zwischen ihnen lagen, ganz und gar verschwanden, sondern auch die Gesteine, aus denen sie bestanden, zu sehr grossen Höhen emporgehoben wurden. Dann sieht man wohl nicht selten zwischen zwei krystallinischen Massen emporgehobene Lappen von Sedimentgesteinen, ungeheure Gräte und riesige Spitzen bilden, welche an Höhe den erhabensten Punkten der Granit- und Gneisstöcke gleichkommen. Solche sind der Monte Cervin zwischen der Centralmasse des Wallis und der des Monte Rosa, der Ortles am Ende der Schiefer- und Kalkzone, welche sich östlich vom oberen Innthal erstreckt, der Gross-Venediger zwischen der Centralmasse der Tauern und der Drau.

Endlich kann es auch vorkommen, dass die eine Seite der sedimentären Bekleidung den krystallinischen Kern an Höhe bedeutend übertrifft, wie diess z. B. in den Cottischen und Grajischen Alpen der Fall ist, wo das Hervortreten des Granits und Gneisses auf die eine Seite des Gebirgs beschränkt ist, wahrscheinlich in Folge einer doppelten Hebung und Ueberschiebung.

Beschreibung der Centralmassen.

Gehen wir nun zur näheren Betrachtung der einzelnen Centralmassen über, indem wir in dem westlichen Theile der Alpenkette anfangen.

Herr Studer hat in seiner Geologie der Schweiz schon 19 Centralmassen von den Ligurischen Alpen bis zur Etsch unterschieden. Diese Zahl muss nothwendig viel ansehnlicher werden, sobald man diese Eintheilung auf die ganze Alpenkette ausdehnt, wie wir es in gegenwärtiger Arbeit zu thun versuchen wollen. Wir glauben gegenwärtig 36 Centralmassen unterscheiden zu können, und es ist wahrscheinlich, dass diese Zahl sich noch vermehrt, wenn das Studium der Ostalpen vervollständigt und vollendet sein wird.

I. Centralmasse der Ligurischen Alpen.

In orographischer Hinsicht sind die Ligurischen Alpen enger mit den Apenninen verbunden, als mit den Alpen. Sie sind gleichsam der Endpunkt des grossen Apenninischen Gebirgswalles, welcher sich südlich bis Calabrien erstreckt, und so gleichsam das Skelet der Italiänischen Halbinsel bildet. Geologisch aber knüpft sich diese Gebirgsmasse nichts desto weniger an die Alpen an, denn sie hat den geognostischen Typus des letzteren, eine krystallinische Centralmasse, zu beiden Seiten von Sedimentgebilden umlagert. Nichts der Art kommt in den Apenninen vor, welche mit der einzigen Ausnahme der Gneiss-Flecken bei Spezia, lediglich aus sedimentären Schichten zusammengesetzt sind, die nur hier und da durch jüngere Eruptivmassen unterbrochen werden.

Wahr ist es, dass der krystallinische Kern der Ligurischen Alpen nicht sehr entwickelt ist, weniger selbst als man früher glaubte, wo man noch die metamorphischen Gesteine in dessen Bereich zog. Der wirkliche Gneiss erscheint nur als ein kleiner Fleck am östlichen Ende des grossen metamorphischen Zuges, welcher von den Seealpen herüberstreicht. Oestlich lehnt er sich an das grosse Serpentinmassiv der Genuesischen Küste. Dennoch gehört aber diese Centralmasse in die Familie der alpinen Ellipsoide, und es bedarf keiner grossen Einbildungskraft, um sich dieselbe unterirdisch mit den Seealpen in Verbindung zu denken. Bei dieser Annahme wäre die Ligurische Centralmasse als das letzte Glied der grossen Kette von Granit und Gneissmassiven zu betrachten, welche das obere Gebiet des Po und die Piemontesische Ebene umschliesst.

Die Richtung des Massivs ist so ziemlich mit der Küste parallel, das heisst ungefähr Ost-West. Die Schichten sind zwar sehr steil aufgerichtet, aber nicht übergebogen, so dass keine Fächerstructur bemerkbar ist. Es ist die einfache Erhebungsform, wie sie überall vorkommt, wo die Aufrichtung insgesamt stattfinden konnte und wo die Massen nicht allzu hoch hinaufgetrieben wurden. In der That erreicht der Kamm nirgends 2500 Meter der höchste Punkt, der Monte Mondoli ist nur 2440 Meter hoch.

II. Centralmasse der Seealpen.

Diese Centralmasse kann als eine der vollkommensten im ganzen Gebiete der Alpen angesehen werden. Der krystallinische Kern erhebt sich von allen Seiten beinahe dachförmig mitten aus einem weiten Ge-

biet von sedimentären, wenn auch zum Theil bedeutend metamorphisirten Schichten. Die Hauptrichtung ist von NW—SO, nördlich von dem oberen Lauf der Stura, südlich von dem der Tinea begrenzt, während zwei wohlbekannte Pässe, der Col de la Madelaine oder d'Argentières, dessen annähernde Begrenzung in West und Ost bilden. Die höchsten Gipfel befinden sich in der Nähe dieser zwei Sättel, mithin an den beiden Enden des Massivs. Es sind diess der Mont Enchastraye (9747'), welcher den Col de la Madelaine beherrscht, und der Mont Clavier in der Nähe des Col di Tenda. Es erreicht derselbe in der Cima de Gelas 3380 Meter und gehört noch dem Gebiete des Gneisses an, während der Mont Enchastraye schon zu der aufgelagerten Kalkzone gehört. Andere Pässe von geringerer Frequenz setzen quer durch den krystallinischen Kern, den sie in seiner ganzen Breite durchschneiden. So z. B. der Col de la Cerese von dem Bade Valdieri in das Tineathal, das Querthal Molieres, der Col della Lombarda und St. Anna von Vinadio an der Stura in das Tineathal. Auf der Höhe eines jeden dieser Pässe trifft man den Protogin an, welcher mitten aus der Gneissmasse hervorragt und sich durch dieselbe einen Weg gebahnt zu haben scheint. Die Gneisslager, so wie die an dieselben anstossenden metamorphischen Schiefer, stehen senkrecht mit nur unbedeutender Ueberschiebung. Auf die metamorphische Gesteinen, vermuthlich paläozoischen Ursprungs, folgen in regelmässiger Ordnung secundäre und selbst tertiäre Gebilde.

III. Centralmasse der Cottischen Alpen.

Es herrscht wenig Uebereinstimmung unter den Geographen in Betreff der Ausdehnung dieser Gruppe, und die Geologie ist leider nicht im Stande diesem Uebelstand abzuhelpen. Der krystallinische Kern ist weder so überwiegend, noch so zusammenhängend als bei den übrigen Centralmassen; wir haben es hier mit einer durchaus abnormen Gruppe zu thun. Statt aus einer stetigen, zusammenhängenden Masse, besteht der Kern aus einer Menge einzelner, mit einander mehr oder weniger verbundener krystallinischer Flecken, deren Zusammengehörigkeit jedoch nicht bezweifelt werden kann. Als ihre Grenzen mögen im Süden der Lauf der Maira, im Norden die Dora Riparia gelten, während der Mittelpunkt die Waldenserthäler Pelice und Clusona umfasst. Bei so zerstückeltem Auftreten der krystallinischen Masse ist eine Fächerstructur kaum zu erwarten. Der Protogin, welcher den Mittelpunkt der benachbarten grossen Centralmassen bildet, fehlt hier

ganz; es kommen nur Gneiss und Glimmerschiefer vor und zwar nur in mässigen Höhen, lediglich an dem Südadhang des Gebirgs, manchmal bis in die Ebene hinabreichend, und meist ohne alle Auflagerung von Sedimentgesteinen.

Ganz anders verhält es sich auf der westlichen Seite, wo die metamorphischen Gebilde die krystallinischen an Höhe und Ausdehnung weit übertreffen und einen riesigen, von der Dora bis zum Monte Viso reichenden Kamm bilden, welcher den Kern zwar weithin überragt, aber nichts destoweniger von einer Menge von Pässen und Sätteln eingeschnitten ist. Mit dieser auffallenden orographischen Structur hängt eine andere, nicht minder merkwürdige geologische Thatsache zusammen, welche eines Tages vielleicht die Erklärung des ganzen Wirrwarrs abgeben wird. Wir meinen das Auftreten einer Masse von einzelnen Serpentinflecken den ganzen Grat entlang und weiter nach Norden über die Dora Riparia hinaus, bis zu Roche Melon. Sind nun, wie zu vermuthen steht, diese Serpentinflecken eruptiven Ursprungs, so dürfte man ihrem Erscheinen vielleicht das Auftreiben des Bodens in der Richtung dieses Kammes zuschreiben. Der Mont Viso, theils aus Gneiss, theils aus Serpentin bestehend, wäre als ein solcher eruptiver Flecken zu betrachten, und da er eine colossale Höhe erreicht, dürfte es sich leicht erklären, wie die auftriebende Kraft, welche den Serpentin zum Durchbruch brachte, zugleich einen Theil des unten liegenden Gneisses mit sich in die Höhe hob. Ein Seitenzweig des grossen Grates löst sich zugleich hier am Monte Viso ab und setzt nach Südwesten gegen den Mont Enchastraye fort, wo er im westlichen Winkel der Seealpen die Scheidewand zwischen Frankreich und Italien bildet und die Wasser des Dauphiné von denen Italiens scheidet. Diesem Grat, welcher ebenfalls von mehreren Pässen überschritten wird, sitzen eine Anzahl colossaler Bergspitzen auf, unter denen der Grand Rioburent eine namhafte Stelle einnimmt.

IV. Centralmasse der Grajischen Alpen.

Orographisch genommen, beginnen die Grajischen Alpen an der Dora Riparia, wenn man nicht etwa die Cottischen Alpen bis an die Valle del Viu ausdehnen und somit die schöne Pyramide des Mont Tabor oberhalb Susa in deren Bereich ziehen will. Der krystallinische Kern jedoch fällt weder mit der einen, noch mit der andern dieser Grenzen zusammen; er beginnt erst an der Valle Grande und verschwindet eben so nördlich unter den metamorphischen Schiefer, lange bevor man die Dora Baltea erreicht. Westlich erstreckt er sich mit

zunehmender Verschmälerung bis an die Levanna und den Grand Paradis oder Mont Iseran 4054^{M.}, welche als deren Hauptpfeiler erscheinen, während er sich im Osten allmählig stufenweise beinahe bis zur Piemontesischen Ebene hinabsenkt, von welcher er nur durch ein schmales Band von metamorphischen Schiefeln getrennt ist. Der Mittelpunkt der ganzen Masse fällt ungefähr mit den Quellen des Orco zusammen.

Obgleich der krystallinische Kern dieses Alpengebietes weit weniger ausgedehnt ist, als man früher vermuthete, so ist er doch viel compacter und zusammenhängender, als derjenige der Cottischen Alpen. Auch ist er nicht lediglich aus Gneiss zusammengesetzt. Im Mittelpunkt des Massivs, in der Valle de Locana tritt der Protogin auf und zwar in ziemlicher Ausdehnung, beinahe wie in der Centralmasse der See- und Westalpen, nur mit dem Unterschied jedoch, dass er nicht den höchsten Grat der Kette bildet, sondern auf die östliche Seite angewiesen ist.

Die Hauptrichtung des krystallinischen Kerns ist ungefähr von S.W. — N.O., mithin sehr verschieden von derjenigen der Cottischen Alpen, welche beinahe mit dem Meridian gleichlaufen. Dabei ist nicht zu übersehen, dass gerade hier die Alpenkette ihre grösste Krümmung macht. Wer aber von vorgefassten Meinungen über die Richtung der Bergketten frei ist, wird an dieser Erscheinung eben so wenig Anstoss nehmen, als an derjenigen des Juragebirgs in der Gegend der Perte du Rhone.

Nach Westen hin sind die krystallinischen Schiefer im ganzen Umkreis des krystallinischen Kerns bis zu bedeutenden Höhen hinaufgetrieben worden, so in der Aiguille de la Sassièrè 3762^{M.}, dem Mont Pourri 3901^{M.} und den noch wenig bekannten Gipfeln, welche die Gletscher von Ruytor 3474^{M.} begrenzen.

Die Bäche, welche von diesen Höhen nordwärts gegen die Dora Baltea hinabfliessen, durchschneiden auf ihrem Laufe nur metamorphisches Gestein, dessen Alter schwer zu ermitteln scheint, obgleich ein ausgezeichnete Geolog, H. A. Sismonda, sie sämmtlich der Oolithformation zuzählt. Wenn auch hier und da krystallinisches Gestein, Gneiss, zum Vorschein kommt, so ist diess doch nur in begrenzter Ausdehnung der Fall, in der Tiefe der Thäler des Val de Cogne, de Savarenche de Rhème. Demnach wäre hiermit der Beweis geliefert, dass der krystallinische Kern sich wirklich unter der grossen metamorphischen Decke hinzieht. Ebenso mag der etwas grössere Flecken von Gneiss, welcher bei Donnaz auf der Strasse des grossen St. Bernhard zu Tage tritt, ebenfalls durch Thalbildung freigelegt worden sein.

V. Centralmasse der Sesia.

Im Quellenbezirk der Sesia, in den Thälern Valle Grande und Valle d'Artogna, tritt südlich vom Monte Rosa, mitten in der Hornblendezone, ein Fleck von Gneiss auf, welcher, obwohl schmal, doch durch seine Lage und Richtung nicht ohne Bedeutung zu sein scheint. Nach Sismonda ist er nicht vollständig von der Hornblendezone umschlossen, sondern erstreckt sich südlich über den Col Grande hinaus, wo er sich mit dem im Thal der Dora Baltea bei Donnaz anstehenden Gneiss verbindet. Seine Richtung ist nahezu Südwest — Nordost. Da dieser krystallinische Kern keine sehr bedeutende Höhe erreicht, so scheint sein Einfluss auf die umgebenden Gesteine kein sehr überwiegender zu sein. Dagegen ist sein Auftreten gerade an dieser Stelle beachtenswerth, indem er gewissermassen die Verbindung zwischen der Centralmasse der Grajischen Alpen und des Monte Rosa vermittelt, und auf diese Weise die Kette der krystallinischen Ellipsoide vervollständigt.

VI. Centralmasse des Monte Rosa.

Ogleich verhältnissmässig von keiner sehr weiten Ausdehnung, ist diese Centralmasse mit Recht berühmt durch den erhabenen Anblick ihrer Berge und die Ausdehnung ihrer mit Firnschnee bedeckten Hochplatten, welche mehrere der grössten Alpengletscher nähren, unter anderen den schönen Gornergletscher. Sie ist gegen Westen vollständig begrenzt durch die Verlängerung der grossen Zone von schieferigen und metamorphischen Gesteinen, welche von Aosta herüberstreicht. Eine andere schmälere metamorphische Zone, begleitet von Kalk und Dolomit, scheidet sie nördlich von den Centralmassen des Simplon und von Wallis. Diese sehr zusammengedrückte Zone ist zu grossen Höhen erhoben, so dass einige ihrer Spitzen mit den höchsten Gipfeln der granitischen Gebirgsstöcke wetteifern. Solche sind die Cima di Jazzi 3213^M, das Strahlhorn 4191^M, das Allaleinhorn 4034^M, die Mischabelhörner 4558^M zwischen den beiden grossen Quellflüssen der Visp und der Mont Cervin 4515^M, der wie eine Schildwache zwischen die beiden Centralmassen des Simplon und Monte Rosa gestellt ist. Am Fusse des Mont Cervin ist der Pass von St. Theodul, einer der höchsten Alpenpässe, 3227^M.

Nach Süden hin ist die krystallinische Kernmasse des Monte Rosa von derjenigen der Sesia nur durch einen Saum von Horn-

blendegestein getrennt. Noch weniger genau bestimmbar sind die Grenzen gegen Osten, wo das krystallinische Gestein, nachdem es den prachtvollen Circus von Macagnaga gebildet hat, dem Thal von Anzasca folgt, welches zwischen zwei Zonen von Horblendegesteine verläuft. Diese beiden Zonen scheinen, indem sie sich bei Sainte Marie Majeure nähern, das Massiv des Monte Rosa zu begrenzen. Indessen gibt es Geologen, welche diese Begrenzung nicht annehmen und die beiden Gruppen Monte Rosa und Tessiner Alpen als zusammenhängend betrachten, so dass beide nur eine und dieselbe Centralmasse bilden würden. Diese Ansicht wird durch die Thatsache unterstützt, dass die Felsarten dieselben sind; es sind Gneisse und Glimmerschiefer, während der Granit sehr selten ist. Insbesondere bestehen die höchsten Punkte des Monte Rosa 4625^M. aus Glimmerschiefer. Die Fächerbildung wird hier vermisst, wie in den Tessiner Alpen auch.

VII. Centralmasse des Pelvoux oder Oisans.

Es ist diess vielleicht die compacteste aller Centralmassen. Bei keiner anderen ist es so augenfällig, dass die granitischen Massen aus dem Innern der Erde emporgetrieben wurden, gleichsam wie eine ungeheure Blase. Dieser colossale Kern von beinahe viereckiger Gestalt, trägt die höchsten Spitzen von Frankreich, darunter den Mont Ollon 3618^M., die Pointe des Arsines oder Pic des Ecrins 4103^M., den Grand Pelvoux 3954^M. Das ganze Gebirg ist schwer zugänglich, indem nur ein einziges Thal in sein Inneres dringt, das Thal von Vénéon, welches eigentlich nur die Fortsetzung der Cluse der Romanche ist. Es führt zu dem sogenannten Circus der Berarde, einem der wildesten und auffallendsten Thalkessel im ganzen Alpengebiet. Lange Zeit galten die hohen, beinahe senkrechten Wände des Kessels für unersteiglich, bis es vor einem Jahre dem unerschrockenen Tukett gelang, über mehrere der jäh Sättel nach Vallouise und von da in das Thal der Durance zu gelangen.

Der Kern des Massivs besteht aus einem sehr schönen Protogin, welcher zwar nicht geschichtet, aber durch senkrechte Spalten in grosse Platten gesondert ist. Gegen die Ränder findet allmählich ein Uebergang zum eigentlichen Gneiss statt. Die Fächerstructur ist in dem ganzen Umkreis des Massivs zu beobachten, besonders gut entlang dem Lauf der Romanche, an der Strasse von Briançon nach Grenoble, wo man mehrfach den Gneiss dem Liaskalk aufgelagert sieht.

VIII. Centralmasse der Vannoise.

Wir bezeichnen mit diesem Namen zwei aneinanderstehende kleine krystallinische Flecken, deren einer im Thal der Laysse, nördlich von Lans-je-Bourg auf der Mont-Cenisstrasse, der andere an der Quelle des Doron, eines Zuflusses der Isere ansteht. In geographischer Beziehung gehören beide in das Bereich der Grajischen Alpen. Wenn wir sie jedoch als besondere Massen aufführen, so geschieht diess darum, weil sie nicht wie die vorhin bei Anlass der Grajischen Alpen erwähnten, einfache Entblösungsflecken sind. Es sind vielmehr Aufblähungen einer krystallinischen Centralmasse, welche sich hier zu bedeutender Höhe, beinahe bis zum Gipfel der grossen Pyramide der Vannoise erhoben und dadurch ein Bersten der metamorphischen Decke veranlasst haben. Ihr Auftreten an dieser Stelle scheint uns um so beachtenswerther, als sie mit der Richtung der beiden Centralmassen von Wallis und Oisans zusammenfallen, und auf diese Weise die zweite oder mittlere Hebungszone vervollständigen.

IX. Centralmasse von Wallis.

Wenn gleich von geringer Ausdehnung, begreift diese Masse den wildesten und unzugänglichsten Theil der Schweizeralpen. Die Kraft, welche diese Berge erhoben hat, scheint hier den höchsten Grad von Intensität erlangt zu haben, wenn es gestattet ist, darauf von der Höhe zu schliessen, zu welcher nicht allein die krystallinischen Felsarten, sondern auch die metamorphischen Gesteine, welche sie umlagern, erhoben worden sind. Zunächst am St. Bernhard, nach Osten hin, erhebt sich diese Centralmasse sehr rasch, um jene grossen, mit ewigem Schnee und Eis bedeckten Hochplateaus zu bilden, von denen sich die Gletscher in die Thäler von Bagne, Herens, Hermence und Anniviers hinabsenken. Die Spitzen, welche das Massiv krönen, obgleich wenig bekannt und auch von wenig Punkten sichtbar, gehören dennoch zu den höchsten in den Alpen. Sie sind von West nach Ost fortschreitend: Mont Vélan 3792^M, Combin 4308^M, Mont Collon, Dent de Rong 4190^M, Dent Blanche 4360^M, Weisshorn 4514^M.

Auf der Walliser Seite steigt das krystallinische Gestein nur wenig in die Thäler hinab; es ist beschränkt auf die Gräte und höchsten Plateaus. Dort vorzüglich erscheint jener unter dem Namen Arkesine berühmte grüne Protogin, welcher einen grossen Theil der erratischen Blöcke des Rhonebeckens und der benachbarten

Landstriche geliefert hat, unter anderen den grossen Block von Steinhof im Canton Solothurn.

Wenige Geologen nur sind bis in das Innere dieser Centralmasse vorgedrungen, so dass die Grenzen und die Ausdehnung der einzelnen krystallinischen Felsarten, welche es zusammensetzen, nur unvollkommen bekannt sind. Nur aus den Moränen der Gletscher können wir uns einen annähernden Begriff ihrer Vertheilung bilden. Die Arkesine ist besonders reichlich vorhanden auf den Gletschern, deren Eisströme von dem Mont Collon und der Dent Blanche herabsteigen. Auf dem südlichen Abhang findet sich Syenit in der Val Pellina.

Die Fächerstructur ist an mehreren Stellen deutlich entwickelt, so in dem Thal von Tourtemagne, an der Zermontana (Hintergrund der Val de Bagne), wo die Schichten augenscheinlich nach Süden einfallen, während an der Val Pellina auf dem entgegengesetzten Abhange das Einfallen nördlich ist. Das Massiv ist nur über sehr schwierig zu ersteigende Joche zugänglich, wie über den Col d'Erin zwischen der Dent Blanche und der Dent de Zinal (Gabelhorn) im Norden und der Dent de Rong und dem Mont Cervin (Matterhorn) im Süden. Ein anderer, noch schwierigerer Pass ist der Col de Collon oder d'Arolla, welcher am Südfuss des Mont Collon in einer Höhe von 3147^M hinführt. Die Grenzen dieser Centralmasse sind: das Thal der Rhone im N., der Pass des St. Bernhard im W., die Val Pellina im S., und das Thal von Zermatt im Osten.

X. Centralmasse des Simplon.

Diese Centralmasse ist hier zum erstenmal als solche aufgestellt. Nach Studer nämlich bildet sie die Fortsetzung des Walliser Massivs, mit welchem er sie durch die mächtige Kette der Mischabel zwischen dem St. Nicolaus- und Saasthal in Verbindung bringt. Es lässt sich in der That nicht leugnen, dass das Gestein dieser letzten Kette ein ganz anderes Aussehen hat, als die eigentlichen grauen Schiefer, wie sie um Visp und Brieg, beim Ansteigen der Simplonstrasse vorkommen. Es ist eine compacte, mehr krystallinische Steinart, auf jeden Fall vollkommen metamorphosirt. Zugleich aber enthält sie Einlagerungen von Hornblendegestein und Kalk, welche eher auf einen sedimentären Ursprung hinzudeuten scheinen, wenn es auch nicht immer leicht ist, sie von wirklichen krystallinischen Bildungen zu unterscheiden. Ein solcher Kalkkeil befindet sich am linken Ufer des oberen Zermattthals; er erstreckt sich von Zermatt bis gegenüber Randa.

Der eigentliche krystallinische Kern beginnt östlich vom Saasthal, wo er sich zu einem gewaltigen Grat aufthürmt, auf welchem eine Reihe colossaler Gipfel stehen, beinahe alle von gleicher Höhe, welche lange Zeit für unzugänglich gegolten hatten. Erst in den letzten Jahren ist eine Anzahl derselben, meist von den Mitgliedern des englischen Alpen-Clubs erstiegen worden, ohne dass jedoch die nähere Kenntniss ihre Gesteinsbeschaffenheit in dem Maasse zugenommen hätte, als man es hätte hoffen sollen. Als solche mögen hier erwähnt sein: das Fletschhorn 4016^M, das Rhympischhorn 4220^M, der Weissmies 4019^M. Derselbe Kamm setzt sich östlich von der Simplonstrasse in den Monte Leone 3565^M fort und lässt sich von da bis zum Bortelhorn und Albrun verfolgen. Das Gestein besteht zum Theil aus grünem Granit (Arkesin), zum Theil aus ächtem Granit; letzterer ist besonders auf der Höhe des Albrun entwickelt.

Es lassen sich an mehreren Puncten deutliche Spuren einer Fächerstructur erkennen, z. B. im Saasthal und auf mehreren Puncten der Simplonstrasse.

XI. Centralmasse von les Rousses.

Diese kleine Centralmasse ist gewissermassen eingeschlossen zwischen dem Pelvoux und dem Ende der Westalpen. Es ist eine schmale aber hohe Kette, nördlich durch die Quellen der Olle, südlich von der Romanche begrenzt. Der krystallinische Kern, vorzugsweise aus Gneiss gebildet, ist von allen Seiten durch einen Gürtel von Lias-schiefern umzogen, welche eben so einen Theil der Masse vom Pelvoux einschliessen. Auf mehreren Puncten der Westseite geht der Gneiss in eine Art von gestreiftem Granit oder Protogin über, den man auch in der Schlucht der Romanche wiederfindet. Nach H. Lory sind in den Faltenbiegungen, welche die Schichten der krystallinischen Schiefer machen, an mehreren Puncten Streifen von Sandstein mit Anthracit eingeklemmt, besonders am Weissen See (Lac blanc), wo sich auch Spuren eines sehr alten Bergbaues finden. Diese Sandsteinbänke theilen den Kern in mehrere parallele Zonen, welche die kleinen und die grossen Rousses sind. Diese letzteren, welche ihren höchsten Punct in dem Pic d'Etendard 3629^M erreichen, sind in gewisser Hinsicht ein Anhang des Grand Pelvoux und wie dieser mit ewigem Schneec bedeckt. Die Gneissbänke sowie auch die Schichten des Anthracitsandsteins fallen gleichförmig nach Ost, entgegen der Schichtung in der Kette von Belle-donne. In dem Thale der Olle, welches die beiden Ketten trennt, bedecken

die Liasschiefer den Gneiss in widersinniger (discordanter) Lagerung, was anzudeuten scheint, dass die Faltung des Gneisses älter ist als der Lias.

XII. Centralmasse von Belledone oder der Westalpen.

Wir begreifen unter diesem Namen den weiten, prachtvollen Bergwall, welcher Dauphiné von Maurienne und Tarentaise (Savoyen) trennt. Einige Geologen haben ihm den Namen Massiv von Belledone gegeben, weil nach ihnen die Westalpen auch noch die Centralmassen des Montblanc und der Aiguilles rouges mit in sich begreifen. Es gehen diese nämlich von der Ansicht aus, dass der krystallinische Kern sich von der einen zu den beiden andern fortsetze, indem sie unter den Sedimentgesteinen des Col de Bonhomme fortstreichen. Was diese Centralmasse besonders auszeichnet, ist ihre auffallend geringe Breite im Verhältniss zu ihrer ansehnlichen Länge, ein Umstand, welcher ihre durchbrochene Form erklärt; denn man zählt daran nicht weniger als drei grosse Einschnitte, welche alle drei starken Flüssen den Durchgang gestatten, nämlich Romanche, Arc und Isere. Es sind dies drei Wege, die der grosse Verkehr benutzt, und von denen einer sogar von einer Eisenbahn durchzogen wird, die von Chambéry nach St. Jean de Maurienne führt. Die Richtung des Massivs ist von N.N.O. nach S.S.W. in dem grössten Theil seiner Erstreckung, vom Col du Bonhomme his jenseits der Romanche, wo sie plötzlich nordstüdlich wird, indem sie in gewisser Hinsicht dem stiefelförmigen Umriss der italienischen Halbinsel nachahmt. Die Schlucht der Romanche, obgleich tief, schneidet den krystallinischen Kern nicht ab, welcher jenseits derselben noch mehrere ansehnliche Bergstöcke bildet, wie den grossen Galbert 2543 ^m. und besonders den Taillefer 2861 ^m. Von diesem letzteren Bergstocke an biegt sich die Kette um und nimmt die stüdliche Richtung, welche sie behält bis zum Verschwinden der krystallinischen Gesteine unter dem Anthracitsandstein und dem Liaskalk. Gerade Grenoble gegenüber, zwischen Arc und Romanche, erreicht die Kette ihre grösste Höhe in dem Pic de Belledone 2982 ^m. und dem Grand Charnier 2808 ^m. Zwischen beiden findet sich der merkwürdige Circus des sept Laux, so genannt nach den kleinen Seen, welche er einschliesst.

Keine Centralmasse ist lehrreicher in geologischer Hinsicht, als die der Westalpen. Wie die der Rousses, ist sie nach H. Lory aus zwei Faltungen zusammengesetzt. Die eine, westliche, übersteigt nicht 1842 ^m. und hat die Form eines gerundeten Gewölbes. Es besteht

dieses aus Talkschiefern, deren auf beiden Seiten fast senkrechte Schichten sich in der Höhe durch mässige Neigung verbinden und solcher-gestalt eine Art von sehr flach gewölbtem Bogen bilden. — Die Hauptkette dagegen ist ein schärferer Kamm; hier ist das Gewölbe zerrissen, um den tiefer gelegenen Felsarten den Durchgang zu gestatten, so dass der Gneiss nicht nur, sondern auch Granit und Protogin durchgebrochen sind. Indem sie sich an der Oberfläche öffneten und garbenartig auseinanderlegten, haben sie die Sedimentgesteine zurückgedrängt und eine Fächerstructur hervorgerufen, welche sehr klar und deutlich an vielen Punkten erscheint, so unter andern am Grand Charnier. Wenn der Bruch energisch genug war, um die Seiten des Gewölbes weithin auseinanderzutreiben, so war das Ergebniss ein Circus, in dessen Grund sich diejenigen Felsarten finden, welche den centralsten Theilen der Erhebung angehören (und mithin aus der grössten Tiefe stammen). Der Circus des sept Laux ist in diesem Falle; der Umkreis besteht aus den aufgerichteten Gneisssschichten, während man unten im Mittelpunct Granit oder feinkörnigen Protogin bemerkt.

XIII. Centralmasse des Montblanc.

Es ist dies von allen krystallinischen Centralmassen diejenige, an welcher der Character einer solchen am schärfsten hervortritt. Sie trägt nicht nur den Beherrscher der Alpen, sondern ist ausserdem ganz aus einem Stück geformt, ohne Thalspalte, ja selbst ohne eigentliches Passjoch, welche diesen massiven Bergstock in Theile zerlegten. So sind auch die Grenzen sehr scharf: südlich die Lex blanche und Val Ferret, westlich der Col du Bonhomme, nördlich das Thal von Chamouni, der Col de Balme und der Trient, östlich die Rhone.

Die Fächerstellung, welche schon von Saussure an dem Weg von Chamouni nach Blaitière angegeben wurde, ist so deutlich als möglich fast überall in der ganzen Ausdehnung der Masse. Auf dem rechten Ufer des Glacier des Bois sieht man die Gneisssschichten unter einem Winkel von 30° gegen das Innere des Berges einfallen. Ebenso ist es am Col de Balme und am Col des Ouches, wo die Schiefer unter demselben Winkel nach Süd 60° Ost fallen. An dem südlichen Abhang des Gebirgs, in dem Val Ferret, finden wir ungefähr dieselbe Neigung wieder, nur ist das Einfallen dort in entgegengesetzter Richtung nach Nordwest.

Die vorherrschende Felsart in dem Massiv des Montblanc ist sehr characteristisch. Es ist Protogin, d. h. ein Granit, welcher aus Quarz,

Orthoklas, (gemeiner Feldspath), Oligoklas, Glimmer und Talk zusammengesetzt ist. Diese merkwürdige Felsart bildet indess nur die Massen des Mittelpunktes, den eigentlichen Kern des Gebirgsstockes; im Umfang des Ellipsoids findet man Gneiss und Schiefer; so am Col de la Seigne, zwischen Martigny und Sembranchier und im Thal von Chamouni. Steigt man gegen Montanvert auf, so findet man nichts als Gneiss und Schiefer.

Die Vertheilung der einzelnen Spitzen oder Nadeln ist nicht ohne Bedeutung. Gegen Westen erhebt sich die ganze Masse als ein zusammenhängendes Stück von dem Col du Bonhomme bis zur Spitze des Montblanc, indem die Nadeln von Trélatête, Miage, de la Rogne gewissermassen nur Stufen oder Stationen dieser Steigung bilden. Oestlich vom höchsten Punkte scheidet sich die Masse in zwei parallele Kämme, die durch ein breites Längsthal getrennt sind, welches das Bett der beiden Hauptarme des Eismeer (mer de glace), der Gletscher nämlich von Tacul und Léchaud bildet. Der südliche Kamm trägt die Aiguilles du Géant, die grosse und kleine Jorasse. Auf der nördlichen erheben sich die Aiguilles du Midi, de Trélaporte und Aiguille Verte. Diese eigenthümliche Stellung und Anordnung hat H. Studer Veranlassung zu der Hypothese gegeben, dass das Ellipsoid des Montblanc gleichsam in sich zusammengesunken sei und dadurch eine Erniedrigung erfahren habe, welche jener weiten Einsenkung entspräche. Wir selbst sind eher geneigt, darin nichts anderes zu sehen, als einen verlängerten Circus, der sich nach Art desjenigen von Sept Laux in der vorhergehenden Centralmasse gebildet haben mag.

XIV. Centralmasse der Aiguilles rouges.

Diese kleine Centralmasse, welche dem Montblanc parallel ist, wird von demselben nur durch eine enge aber wohl ausgeprägte und in die Augen fallende Mulde getrennt, welche das Thal von Chamouni, den Col de Balme und das Thal von Trient begreift. Ihre Gipfel, obgleich sie nicht zu den höchsten gehören, sind dennoch wohl bekannt; es sind die Aiguilles rouges und vor allen der Brévent, 2552 M., den die Natur gerade an das Ende des Gebirgsstockes gestellt zu haben scheint, um dem Riesen der Alpen als Belvedere zu dienen. Der Buet, obgleich etwas höher, gehört nicht mehr in das Bereich des krystallinischen Kerns, sondern ist ein Theil der grossen aus Kalk gebildeten Einkleidung, welche unsere Centralmasse auf der Nordseite begrenzt. Der krystallinische Kern hat ausserdem zu Grenzen im Westen den

jenseitigen Abhang des Brévent, östlich durchsetzt er die Rhone, um sich unter den Kalkmassen der Dent de Morcles zu verlieren.

Die erhebende Kraft, welche in dem Massiv des Montblanc den Protogin zu einer so gewaltigen Höhe emportrieb, scheint sich gewissermassen erschöpft zu haben; das der Aiguilles rouges ist in dieser Beziehung nur ein schwacher Nachklang seines Nachbars. Auch sehen wir hier nichts Anderes aufgestiegen als den Gneiss und einige Lappen von Protogin. Es ergibt sich hieraus, dass der Durchbruch der krystallinischen Massen keine sehr bedeutende Umwälzungen verursacht hat. Der Kalk des Buet ist in senkrechter Stellung erhoben, aber nicht überworfen worden. Eine sehr wichtige Thatsache, welche erwähnt werden muss, ist das Vorkommen von versteinierungsführenden Schichten (Jurakalk nach H. Favre) auf dem Gipfel des Massivs, welche die Zeugen eines ehemaligen Zusammenhangs dieser Lager mit den Felsarten der äusseren Umkleidung der Centralmasse sind.

XV. Centralmasse des Finsteraarhorns.

Diese Centralmasse erlangt im Berner Oberland ihre höchste zauberische Schönheit in der prachtvollen Kette, zu der ausser dem Finsteraarhorn noch die Jungfrau, der Mönch, das Schreckhorn und Aletschhorn gehören, und welche mit den grössten und berühmtesten Gletschern geschmückt ist. Sie begreift in der That die Gletscher von Grindelwald, die Rhonegletscher, die Aargletscher, Vieschergletscher und den Aletschgletscher, den grössten von allen. Sie verlängert sich nach Westen bis jenseits des Lötschthales, wo sich die krystallinischen Gesteine unter den grossen Kalkmassen der Gemmi verlieren. Oestlich tauchen dieselben unter die Juragebilde an den Quellen der Linth, aber indem sie dieselben zu grossen Höhen, dem Toedi, den Clariden u. s. w. erhoben. Ihre granitischen Massen, obgleich in grosse Platten getheilt, haben ausgezeichnet krystallinische Structur. Die Granite des Grimsel, sowie diejenigen welche der Grindelwaldgletscher herabbringt, stehen nicht hinter denen des St. Gotthard zurück. Man kann sich hiervon an der grossen Nideckbrücke bei Bern überzeugen, welche lediglich aus erraticen Blöcken aus dem Aarthal erbaut ist. Diese vollkommene Krystallisation herrscht übrigens nicht überall vor. Es findet sich an dem westlichen Ende des Massivs ein breiter Streif von Hornblendeschiefer, welcher die ganze Masse in zwei fast gleiche Theile spaltet, und wovon man die Spuren am Finsteraarhorn selbst, sowie am Bristenstock im Reussthal wiederfindet. Vielleicht

sind diese Lappen Anzeigen einer ehemaligen Theilung oder ursprünglichen Mulde zwischen zwei sehr nahe gelegenen, jetzt verbundenen Massen.

Die Fächerstructur ist deutlich auf beiden Abhängen.

XVI. Centralmasse des St. Gotthard.

Die kleine, längliche Centralmasse des St. Gotthard und die des Finsteraarhorns, von welcher sie nur durch die enge Mulde des Urseren Thales und durch die Furka getrennt ist, sind zwei Zwillingsellipsoide, welche in gewisser Hinsicht das Gegenstück zu Montblanc und Aiguilles rouges darstellen. Der Granit des St. Gotthard ist berühmt durch seine grossen Feldspathkrystalle sowie durch die Menge von Mineralien, welche man darin findet. Indess nimmt der Granit nur die Mitte des Massivs ein; es geht auf den beiden Seiten in Gneiss und dieser dann oft in Glimmerschiefer über, welcher letztere häufig Granaten enthält. Die Fächerbildung ist überall deutlich. Ihre grösste Höhe erreicht diese Centralmasse gegen ihr östliches Ende hin, zwischen Medels und Sumvix, wo die Medelshörner mit ewigem Schnee bedeckt sind. (Piz Cristallina 3153^{M.}, Cima Camadra 3178^{M.}). Die hauptsächlichsten Mineralien, welche der St. Gotthard liefert, sind: Eisenglanz in sogenannten Rosen, sowie Eisenglimmer und Rotheisenstein, verschiedene Formen von Titaneisen, Apatit, Axinit, Turmalin, verschiedene Zeolithe, besonders aber prachtvolle Exemplare von Bergkrystall und Adular.

XVII. Centralmasse des Tessin.

Es ist diess die grösste und zugleich die compacteste unter den Centralmassen der mittleren Alpen; aber wenn auch ihre horizontale Ausdehnung gross ist, so folgt daraus nicht, dass sie in gleichem Maasse unser Interesse verdient. Sie ist eine im Allgemeinen einförmige Gruppe, wie man sich leicht überzeugen kann, wenn man der Gotthardstrasse folgt, welche sie in ihrer ganzen Breite durchschneidet. Keine jener kühnen Spitzen steigen hier auf, wie etwa in Wallis und am Simplon, welche eine Concentration der erhebenden Kräfte bezeugen. Ihre höchsten Punkte sind der Pic von Mutaseia und der Pizzo Forno 2908^{M.}, beide im Süden von Faido gelegen. Die Grenzen dieser Centralmasse sind etwas undeutlich und schwankend, ausser auf der Nordseite, wo sie vom St. Gotthard und Simplon durch die Zone

der metamorphischen Schiefer von Val Bedretto getrennt ist. Am wenigsten auffallend sind die Grenzen gegen S.W., doch scheint es uns, dass die Verlängerung des Schiefer von Aosta sie von den Grajischen Alpen hinlänglich abtrennt. Die Scheidung von dem Monte Rosa ist weniger deutlich ausgesprochen, auch verbindet H. Studer diese letztere Centralmasse mit der von Tessin. Wenn wirklich eine Grenze besteht, so muss sie sich im Val Anzasca finden. Südlich ist es die Zone von Hornblendgestein mit ihren Schiefeln, Marmor und Dolomit, welche unsere Centralmasse von derjenigen der vier lombardischen Seen trennt. Diese Zone, welche sich in Form eines grossen Bogens von Biella bis zum Comer-See erstreckt, ist den Geologen wohl bekannt, wegen der Kupfererze, welche sich darin finden, während ihre Marmorbrüche bei Ornavasso, die Bausteine zu dem Dom von Mailand geliefert haben.

Die vorherrschenden Felsarten in dieser Centralmasse sind Gneiss und Glimmerschiefer. Der Gneiss ist besonders bemerkenswerth durch die Leichtigkeit, mit welcher er spaltet, wesshalb er sich leicht zu Planken und Pfeilern formen lässt, die ein nicht unbedeutender Gegenstand der Industrie in den Thälern der Toccia, Maggia und des Tessin sind. Man ist in Beziehung auf diese Neigung zum Spalten natürlich versucht, in dem Gneiss nur eine Abänderung des Glimmerschiefers zu sehen, welche sich unter Einfluss stärker wirkender Kräfte im Innern der Massen gebildet hätte.

Die Fächerstellung zeigt sich nicht in dieser Centralmasse; dagegen bemerkt man eine sehr merkwürdige Eigenthümlichkeit in der Beschaffenheit der Schichten: die Lagerung ist nämlich im Allgemeinen senkrecht am Ausgang der Thäler, verwirrt und unbestimmt in deren Mitte und wagrecht oder schwach geneigt an ihrem Anfang. Es ist diess eine Eigenthümlichkeit, die noch nicht erklärt ist. Man bemerkt auch, dass das Streichen der Schichten, anstatt mit der Richtung der Centralmasse parallel zu sein, vielmehr senkrecht auf dieser steht, und sich dem Meridian nähert. So z. B. in den Thälern der Leventina und des Blegno, welche in dieser Beziehung an die von Misocco, St. Giacomo und Avers erinnern.

XVIII. Centralmasse des Adula.

Wenn man von der Höhe des Col de Nara, zwischen Faido und dem Blegnothal, nach Osten blickt, sagt H. Studer (vgl. Studer, Geol. p. 242), so befindet man sich einem hohen, massigen Gebirge gegen-

über, breit und öde, ohne auffallend gestaltete Gipfel, meist mit Schnee und Gletschern bedeckt, die jedoch kaum von der Hochfläche niedersteigen, weil der Abfall der Gebirgsmasse zu schroff, zu wenig durch eindringende Thäler durchschnitten ist. Es ist das Adulagebirg, die Wiege des Hinterrheins und mehrerer Zuflüsse des Tessin, seit ältester Zeit ausgezeichnet als ein Centralpunkt des Alpensystems, als der Grenzpfiler der Lepontinischen und Rhätischen Alpen.

Die Umriss des Gebirgs sowie dessen Thäler, weichen wesentlich von der Hauptrichtung des Alpensystems ab. Statt diesen parallel zu sein, sind sie ihnen vielmehr perpendicular und verlaufen daher in der Richtung der Schichtung. Diess giebt den Thälern einen eigenthümlichen Charakter, grosse Einförmigkeit, verbunden mit äusserst kühnen Formen. Die höchsten Punkte des Gebirgsstockes sind; Das Moschelhorn 2902 M., das Rheinwaldhorn (Vogelberg, Zaporthorn, Piz Adula, (Piz Valrhein) 3398 M., zwischen beiden eine Reihe fast gleich hoher vergletscherter Kuppen, das Guferhorn 3393 M. und eine Menge meist unbenannter und wenig bekannter Spitzen nach Süden hin, von denen der Mont Scandalaccio den letzten Gletscher trägt. Man kann an ihrem Verlauf leicht die meridiane Richtung des Gebirgs erkennen, dessen Schichten, die wesentlich aus Gneiss und Glimmerschiefer bestehen, im Ganzen nordöstlich fallen. Die Trennung dieser Centralmasse von der des Tessin erscheint gerechtfertigt durch ihre Form und durch die Anwesenheit einer metamorphischen Zone von Kalk und Marmor begleitet, welche dem Anfang des Val Blegno entspricht, wo sie den Lukmanierpass zwischen der Val St. Maria und dem Medelser Thal bildet.

Wir wissen von keinem Geologen ausser H. Escher, der sich in das Innere dieser ungestalteten Regionen gewagt hätte.*)

XIX. Centralmasse des Sureta.

Eine Zone von metamorphischen Schiefeln, welche den Hintergrund des Thales von Misocco bildet, und welche man benutzt hat, um die Bernhardinstrasse darüber zu führen, scheidet ziemlich voll-

*) Den ersten Nachrichten über den Adula verdankt man Pater Pl. a. Spescha der das Rheinwaldhorn erstieg. H. Escher ist der einzige, der von verschiedenen Seiten hin gegen den Mittelpunkt vorgedrungen ist. H. v. Rath, sowie ich selbst haben verschiedene Partien der Gletscher untersucht. Die Rheinwaldspitze wurde in den letzten Jahren von Weilemann und Coaz erstiegen. Gänzlich unerforscht ist der Hintergrund vom Calanca. G. Theobald.

ständig diese Centralmasse von der vorigen. Oestlich wird sie durch die breite Zone der Schiefer von Oberhalbstein begrenzt und durch eine ähnliche am Septimer und in Bergell von der Berninamasse und dem Albignagebirg getrennt. Das Thal von St. Giacomo, welchem die Splügenstrasse folgt, theilt den Suretastock in zwei Gruppen, eine westliche, deren höchste Spitze das Tambohorn ist, 3276 M., welches den Splügener Pass beherrscht, besteht aus Gneiss; die andere, weit ansehnlichere Gruppe, verlängert sich bis in das Hinterrheinthal bei Andeer. Die Felsart ist hier in einem mehr fortgeschrittenen Zustand von Krystallisation. Es ist ein sehr charakteristischer grünlicher Gneiss, der verschiedentlich Porphy- und Granitgefüge annimmt, bekannt unter dem Namen Roflagestein, weil es grösstentheils den male-rischen Engpase unterhalb Andeer bildet, welcher den Namen Rofia trägt. Er springt indess nur wenig über den Fluss. Das Innere der Suretastöcke, welches von mächtigen Gletschern überlagert ist, kennt man bis jetzt nur wenig. Höhe der Suretahörner 3028, 3039 M.

Die Richtung der Schichten ist nicht abnorm wie in der Adulamasse; sie sind wieder parallel mit dem allgemeinen Streichen der Alpenkette.

XX. Centralmasse der vier Seen.

Sie unterscheidet sich von allen andern Centralmassen durch ihre sehr lang gestreckte Form, welche ihr etwas Abnormes gibt. Es ist ein langer Streif von Gneiss und Glimmerschiefer, welcher sich im Bogen von West nach Ost hinzieht von der Sesia bis nahe an die Quellen der Adda, also in einer Erstreckung von etwa 30 Stunden. Man möchte diese Masse einen langen Gneissrücken nennen, welchen die Natur zwischen die Sedimentgesteinzone des Südrandes der Alpen und die granitischen Massen des innern Gebirgs gelegt hat, eine Art krystallinische Mittelzone, welche auf der Nordseite nicht existirt, und welche in theoretischer Beziehung ein grosses Interesse gewährt.

So begrenzt, wird diese Centralmasse in senkrechter Richtung von den vier Seen Orta, Lugano, Maggiore und Como durchsetzt, was ihr den Namen gegeben hat. Ihre Höhe ist nicht sehr beträchtlich. Die höchsten Gipfel erreichen nicht 3000 M. (Monte Legnone östlich vom Comer See 2611 M., Camoghé südlich von Bellinzona 2839 M.). Die Schichten streichen im Allgemeinen in der Richtung der Centralmasse selbst und keine Spur von Fächerstellung ist zu bemerken. Von dem Comer See an öffnet sich die Masse der Länge nach, um das grosse

Veltliner Thal aufzunehmen, welches östliche Richtung bis nach Tirano behält, wo sich die Berninastrasse mit der von Stelvio gabelt.

Ihre östlichen Grenzen sind bis jetzt nur unvollkommen bekannt. Vielleicht sind sie in den Lappen von Hornblendegestein zu suchen, welche H. Escher östlich von Tirano angibt und in der nördlichen Verlängerung der grossen Zone von Verrucano, die sich von der Cima di Torsoleto abzuzweigen scheint.

In der Erwartung, dass uns weitere Untersuchungen in dieser Beziehung zur Gewissheit führen, verlängern wir vorläufig diese Centralmasse bis zu der Val Camonica.

XXI. Centralmasse des Bernina.

Die Berge, welche man unter dem Namen der Berninagruppe vereinigt, gehören zu den ansehnlichsten und schönsten der Alpen. Der Umstand, dass sie nahe bei den von alter Zeit her gebräuchlichen Pässen des Septimer, Julier und Maloja liegen, hat sie sehr früh berühmt und bekannt gemacht. In der That wetteifern sie an Höhe mit den höchsten Spitzen der westlichen Alpen. Dies bezeugen die mächtigen Höhen Piz Bernina 4052^m, Piz Roseg 3943^m, Piz Zoppo 3999^m, Piz Palu 3912^m, Piz Cambrena 3607^m, Piz Verona 3462^m. Ihre Gletscher sind mit Recht durch ihre Schönheit berühmt, besonders diejenigen, welche sich gegen Engadin hinabsenken, wie die von Roseg, Morteratsch und Cambrena.

Alle diese Berge mit ihren Gletschern bilden ein so prachtvolles Ganzes, dass man sich nicht über das Bestreben wundern darf, sie schon frühzeitig auch von dem geologischen Standpunkt aus zu vereinigen, indem man sie als eine einzige Centralmasse ansah, wie wir dies auch nach dem Beispiel von H. Studer gethan haben. (Berichte der Naturf. Ges. von Neuchatel. B. 6, p. 162.)

Die neueren Untersuchungen von H. Theobald haben uns gelehrt, dass dies nicht so ist und dass der Granit dort keine so untergeordnete Rolle spielt, als man glaubte, sondern dass eine Anzahl sehr hoher Spitzen theils aus ächtem Granit, theils aus Syenit und syenitischem Diorit gebildet sind. So z. B. die Piz Bernina, Roseg, Zoppo, Tschierva, Pers u. a. Es handelt sich also hier nicht mehr um eine Centralmasse von Gneiss, aus welcher einige Granitmassen hervorträten, sondern um eine Anzahl unter sich verschiedener granitischer Kernmassen, die, wenn sie auch nicht gerade sehr ausgedehnt sind, doch nicht minder bestimmte Charaktere tragen. Dies sind:

1. Der eigentliche Bernina zwischen dem Pass dieses Namens, dem Engadin und dem Murettopass.

2. Die Albignamasse, zwischen dem Murettopass und Chiavanna, mit granitischen Spitzen, welche denen des eigentlichen Bernina an Höhe wenig nachgeben. So Piz Zocca 3420^M, Piz Toronne 3300^M, Cima del Largo 3404^M, Padile 3385^M. (Tschingel) u. a. Diese Gebirgsmasse grenzt östlich an eine Reihe von Spitzen, die aus Serpentin und Schiefer gebildet, aber noch wenig bekannt sind und wovon der ausgezeichnetste der Monte della Disgracia ist.

3. Die Masse des Julier und Gravesalvas, von geringer Ausdehnung, aber eine der merkwürdigsten in der ganzen Alpenkette durch ihren Bau und die darin auftretenden Felsarten. Piz Munteratsch 3385^M, Pulaschin 3017^M, Lungen oder Gravesalvas 3117^M, Piz Nalar an der Innquelle 2933^M.

4. Die Masse des Piz Ot (3249^M), welche die granitische Berge begreift, die sich auf der linken Seite des Inn, zwischen Samaden und dem Albula erheben, die südliche Gebirgskette der letzteren mit inbegriffen.

5. Die Masse des Piz Err (3395^M), zwischen den zuletzt genannten Gebirgen und dem Thale von Oberhalbstein, von dem Piz Ot durch eine Zone von Sedimentgesteinen getrennt.

6. Die Masse des Piz Languard, zwischen dem Berninapass und dem Thälern Livigno Chiamuera und Casanna, welches letztere als die äusserste Grenze angesehen werden muss, da bis dahin krystallinische Felsarten unter der sedimentären Decke hervortraten. Vorherrschende Felsart ist Gneiss, welcher an einigen Stellen wie am Piz Vadret (3171^M) in granitisches Gestein übergeht. Auch an der Casannalp kommt noch eine kleine Masse von ächtem Granit vor. Der ausgezeichnetste Punkt der ganzen Gebirgsmasse ist der Piz Languard 3266^M, in neuer Zeit bekannt und viel besucht wegen seiner herrlichen Umsicht.

7. Die Gebirgsmasse von Poschiavo, grösstentheils aus Gneiss gebildet, jedoch mit einem granitischen Kern, welcher bei Brusio zu beiden Seiten der Strasse von Engadin nach Veltlin auftritt. Diese Gebirgsmasse setzt sich östlich bis nahe an die Quellen der Adda fort; die Talk und Hornblendeschiefer des Veltliner Thaales trennen sie von der Centralmasse der vier Seen.

Es ist bemerkenswerth, dass keine dieser Gebirgsmassen eine gut entwickelte Fächerstructur zeigt, was sich zum Theil wohl aus ihrer geringen Ausdehnung erklärt.

Betrachtet man das ganze Berninagebirg von dem so eben entwickelten Standpunkte aus, so bildet dasselbe keine Ausnahme von der Regel mehr, indem jede seiner Kernmassen in sich alle Elemente eines unabhängigen Ellipsoides vereinigt. Welches aber die Ursachen sind, durch deren Wirksamkeit die ganze krystallinische Masse sich in eine so grosse Anzahl kleiner Kerne zerspalten hat, statt eine grosse Centralmasse zu bilden, darüber werden uns vielleicht fernere Untersuchungen belehren.

XXII. Centralmasse des Monte Adamello.

Steigt man hinauf in das Val Camonica (Thal des Oglio) bis jenseits der Zone der Sedimentgesteine, so erhebt sich zu Rechten, gegenüber Edolo, ein mächtiger Bergstock, aus welchem mehrere Thäler herabkommen, die ihre Thalbüche in den Oglio ergiessen (Val del Adame, Val Salarno, valle di Malga). Diese Centralmasse besteht aus einem schönen, Hornblende führenden Granit von eruptivem Aussehen, wie der von Brusio. Sie begreift die Berge Adamello und Laris, die sich zu bedeutender Höhe erheben (etwa 3641 M.), so dass sie mit ewigem Schnee bedeckt sind. Ein Seitenzweig, aus demselben Granit gebildet, und dessen höchste Spitze die Presenella ist (etwa 3500 M.), streckt sich östlich zwischen Val di Genove und Val di Sole.

Die geognostischen Beziehungen dieses Granits zu den krytallinischen Schiefen, welche ihn auf allen Seiten umgeben, so wie sein Verhalten zu den benachbarten Centralmassen der vier Seen und des Ortes sind sehr wenig bekannt und verdienten wohl, der Gegenstand mehr in's Einzelne gehender Untersuchungen zu werden, welche nicht ohne sehr interessante Ergebnisse bleiben können. Wir empfehlen diess der Aufmerksamkeit unserer jüngeren Mitbrüder.

Gegenüber dem Monte Adamello im Süden erhebt sich ein anderes, noch weniger bekanntes Granit Massiv, der Monte Castello. Obgleich weniger hoch als der Adamello, ist er doch mit ewigem Schnee bedeckt. Es ist diess ein fast noch jungfräulicher Boden für die Geologie, und wir kennen ausser H. Escher keinen andern Geologen, der jemals dahin vorgedrungen wäre. Wenn man durch die Val Savione hinaufsteigt, fängt der Granit bereits am Ufer des Sees von Arno an. Der ihn einlagernde Glimmerschiefer fällt 70—80° S.W., was eine Fächerbildung anzudeuten scheint. Auch Porphyr kommt in diesen Gegenden vor. Herr Escher gibt Spuren davon eine halbe Stunde abwärts von dem Arnosee an. Nach Osten dagegen scheint nach Ball

die Granitmasse mit derjenigen des Monte Adamello durch den hohen Kamm, welcher die Zuflüsse des Oglio von denjenigen der Chiese trennt, verbunden zu sein, so dass beide Massen fortan nicht länger als getrennt zu betrachten sein werden. Auch das mit dem Kamm parallel laufende Val di Fum soll ganz granitisch sein.

XXIII. Centralmasse der Selvretta.

Es ist ein eigenthümlicher Umstand, welcher jedem fremden Geologen auffallen muss, der zum erstenmal das grosse Rheinthal heraufkommt, dass man so weit längs des Stromes in die Berge eindringen kann, ehe man auf krystallinische Felsarten trifft. Eine weit ausgedehnte Strecke von Sedimentgesteinen, grösstentheils aus grauem Schiefer bestehend, dringt hier, wie ein grosser Meerbusen, in das Herz der Alpenkette ein, trennt zunächst die eigentlichen Schweizeralpen von den Rhätischen und theilt sich in zwei Arme. Der eine derselben wendet sich gegen Engadin, der andere streicht östlich bis nahe zur Etsch, wo er zu sehr grossen Höhen emporgehoben wird, so dass er den höchsten Berg Deutschlands, den Ortles, bildet, 8905^{M.}

Die erste Centralmasse der Rhätischen Alpen ist die der Selvretta, vielleicht die ausgedehnteste im ganzen Alpengebiete, wovon ein Theil mit der Seitenkette des Rhäticon noch zur Schweiz gehört. Deutlich begrenzt nach allen Seiten hin, wird sie von dem Oetzthaler Gebirg durch das grosse Thal des Inn oder Engadin getrennt, das sie nur bei Zernetz und Lavin auf eine kurze Strecke überspringt, und kann gleichsam als Muster einer Centralmasse angesehen werden. Sie ist wesentlich aus Gneiss zusammengesetzt, der oft in Hornblendeschiefer übergeht. Wir finden hier die Fächerbildung wieder und in der Mitte der Fächer an verschiedenen Stellen ganz so wie am St. Gotthard und Finsteraarhorn granitischen Gneiss. Eigentlicher Granit kommt nur in einzelnen, zerstreuten Felsköpfen und Gangmassen an den Rändern des Gebirgsstockes vor und auch der Granitgneiss bildet nicht die höchsten Berge. Diese sind vielmehr vorzugsweise aus Hornblendeschiefer mit Gneiss wechselnd gebildet, besonders in der Gruppe der eigentlichen Selvretta oder Fermunt, so wie am Iamthaler Ferner und an der Scaletta. Der Piz Linard erhebt sich zu 3416^{M.} Ohne dass das ganze durch Zonen von Sedimentgesteinen getrennt wäre, lassen sich nach der Structur doch verschiedene Gliederungen unterscheiden.

a.) Das Flüela-Scalettagebirg zwischen Davos und Engadin mit ausgezeichneter Fächerstructur. Anhänge davon sind die Rothhornkette

im Plessurgebirg, die gleichsam eine kleinere Centralmasse bildet und sich bis nahe bei Chur vorschiebt, und das Zernetzer Gebirg, ein kleiner, aber sehr wohl ausgebildeter Fächer jenseits des Inn.

b.) Die eigentliche Selvretta an den Quellen der Landquart. Hier ist die Fächerbildung nur theilweise, und zwar am Nordrand, deutlich entwickelt, die Hauptmasse, in deren Mitte der grosse Selvrettagletscher lagert, ist ein aufgerissenes Gewölbe, dessen Schichten antiklinal nach NO und SW fallen.

c.) Das damit zusammenhängende Iamthaler Gebirg. Südlich davon durch eine schmale Binde von Kalk und Schiefer scharf getrennt, schiebt sich die kleine Gneissmasse des Piz Minschun gegen das Engadin vor, östlich dehnt es sich weithin über das Fimberthal und Paznaun gegen Landeck in Tyrol aus. An den Rändern dieser Gebirgsmasse ist die Fächerbildung gut entwickelt, denn die krystallinischen Felsarten sind über die Sedimentgesteine übergebogen und in der Mitte stehen die Schichten nahezu senkrecht, obgleich nordöstliches Fallen vorherrscht.

Die Grenzen unserer weit ausgedehnten Centralmasse sind demnach nördlich die Kalkalpen von Vorarlberg, westlich die Kalk- und Schieferbildung des Rhäticon-, Prätigau- und Plessurgebirgs, südlich die Kalkzone des Albula und das Innthal, östlich die Schieferbildungen des Unterengadin und des angrenzenden Theils von Tyrol.

Die Selvrettamasse trägt in allen ihren Theilen ansehnliche Gletscher, die sich aber meist in den höheren Theilen halten, ohne tief in die grossen Thäler herabzusteigen.

XXIV. Centralmasse des Stelvio.

Es findet sich nach H. Theobald zwischen dem Münsterthal und dem Stilfsor Joch ein Lappen von krystallinischem Gesteine, welcher eine kleine Kette bildet, die sich in nordöstlicher Richtung nach den Höhen von Glurns im Etschthal erstreckt. Das Umbrail oder Muranzathal trennt sie von dem südwestlich gelegenen Piz Lat. Die Felsart ist Gneiss mit einem granitischen oder vielmehr halb granitischem Kerne; das ganze ist umgeben von halbkrySTALLINISCHEN, metamorphischen Schiefen (Cassanasschiefern), auf welchen Verucano und einige Lappen von Kalk Rauchwacke und Gyps gelagert sind. Es ist vielleicht nicht ganz zweckmässig, die Zahl der Centralmassen in einem Werke wie das vorliegende, zu sehr zu vermehren; indess hat es uns geschienen, als habe die von welcher hier die Rede ist, ein besonderes Interesse wegen ihrer isolirten Lage in der Mitte einer weit ausgedehnten Zone von

Sedimentgesteinen, gleichsam als Verbindung zwischen denen der Oetzthaler Centralmasse und des Bernina. Sie spielt in dieser Beziehung ungefähr dieselbe Rolle wie die Masse von Vannoise in den Piemontesischen Alpen.

Die neuesten Entdeckungen von H. Theobald haben uns ausserdem die Anwesenheit von kleinen Gneiss und Granitlappen kennen gelehrt, die sich auf dem Gipfel des Piz Lat auf der linken Seite der Val Murarza von Kalk und Dolomitmassen umhüllt finden und sich südlich in den benachbarten Piz Ett, so wie westlich bis jenseits des See's von Rims auf das Joch zwischen Pravedre und Ciembraida fortsetzen. Es sind diess augenscheinlich Fortsetzungen derselben Kernmasse welche in der genannten Richtung zu Tage gehen. *)

XXV. Centralmasse des Oetzthales.

Nicht weniger gut begrenzt als die der Selvretta ist diese Centralmasse, eine der am besten ausgeprägten in der ganzen Alpenkette. In Bezug auf die Umriss steht sie kaum hinter den grossartigsten Gebirgsstöcken der Schweizeralpen zurück. Der krystallinische Kern besteht aus Gneiss und Glimmerschiefer; der letztere bildet die höchsten Punkte, während der Gneiss die unteren Lager bildet, indem er gewissermassen die äussere Bekleidung des Glimmerschiefers ausmacht, ganz im Gegensatz von dem, was man anderwärts zu sehen gewohnt ist. Die Fächerstructur ist augenscheinlich vorhanden. Die österreichischen Geologen haben sogar darin zwei Fächersysteme erkannt, das eine südlich, von Ost nach West streichend, entsprechend dem grossen Kamm, welcher den Similaun 3604^M, das Hochjoch 3378^M u. s. w. trägt; das andere mehr nördlich von SW nach NO gerichtet, das seinen höchsten Punkt in dem Wildkogel 3773^M erreicht. Dieser letztere Bergzug nährt die Gepatsch- und Vernagt-Gletscher, die grössten in Tyrol, welche durch ihr ausserordentliches Fortschreiten berühmt geworden sind.

Diese beiden grossen Kämmen sind durch eine Zone von Hornblendegesteinen von einander getrennt, welche sich im Rofenthal, einem der Zweige des Fenderthals, zeigt und scheinen in der berühmten Pyramide des Weisskogels 3747^M zusammenzutreffen. An diesen

*) Vergl. Jahresbericht der Naturf. Ges. Graubündens 1862—1863. G. Theobald über das Bündener Münsterthal.

lehnt sich der Gletscher von **Langtaufen ein**, welcher eine der Hauptquellen der Etsch ist. *)

Die Etsch kann, bis zu einem gewissen Grade, als die Grenze der Centralmasse nicht nur südlich, sondern auch westlich angesehen werden. Es ist wahr, dass Lappen von krystallinischem Gestein sich auch noch disseite des Flusses bis auf das Schweizergebiet vorfinden; aber ihr mineralogischer Charakter ist im Allgemeinen so schwankend, dass es wohl gethan sein wird, die Ergebnisse der Untersuchungen abzuwarten, welche gegenwärtig unter Leitung der Schweizerischen geologischen Commission stattfinden, ehe man ihre Grenzen bestimmt. Einstweilen wissen wir, dass auf der **Beschen-Scheideck**, zwischen dem Inn und Etschthal, Massen von Kalk, Rauchwacke und Gyps vorkommen, welche eine Art Grenzlinie bilden, die ungefähr mit der politischen zusammenfällt. **)

*) Siehe das Werk von **Sonklar** „Die Oetzthaler Gebirgsgruppe 1861.“

) Die Untersuchungen, welche im Sommer 1862 über die fragliche Gegend im Auftrage der geologischen Commission von Prof. G. Theobald vorgenommen wurden, stimmen in ihren Resultaten ganz mit der obigen Ansicht überein, dass das Etschthal und seine Fortsetzung über die **Maiser Haide, das **Rescher Joch** und das Thal von **Nauders** gegen **Finstermünz** und den **Inn** die Grenzlinie des **Oetzthaler** Gebirgs auf der Westseite ist. Der graue Engadiner Liasschiefer macht bei **Nauders** eine tiefe Einbucht zwischen dem krystallinischen Gesteine bis fast zu dem kleinen schwarzen See herauf, und so weit etwa reichen auch von Westen her die Kalkbildungen des **Piz Lat**. Aber die Einsenkung, worin **Nauders** liegt setzt sich über das **Rescher Joch** fort, das eine der niedrigsten Alpenübergänge ist, und man gelangt so zu den **Seen von Haide**, aus denen die Etsch kommt. Auf diesem Wege besteht der anstossende Felsboden grösstentheils aus einem **Glimmerschiefer**, den wir in jenen Gegenden immer auf der Grenze des krystallinischen Gesteins finden und als metamorphisch betrachten (**Casanschiefer**). Diesem sitzen zwar zerstreut, aber doch in einer fortlaufenden Reihe verschiedene Lappen von **Kalk**, **Rauchwacke** und **Gyps** auf, am bedeutendsten zwischen **Haide** und **Graun**. Diese so wie die tiefe Einsenkung bezeichnen die Grenze.

Was die krystallinischen Felsarten auf der Westseite dieses Passes betrifft, so ist deren Ausdehnung bedeutender als man bisher annahm und sie erlangen selbst eine gewisse Selbstständigkeit, so dass sie eine kleine Centralmasse bilden, welche freilich doch immer nur als ein Anhängsel der Oetzthaler zu betrachten ist. Als Mittelpunkt derselben ist der **Piz Sesvenna 8221^M** zu betrachten, sowie überhaupt die Gegend, wo die Thäler **Avigna**, **Sesvenna** (ein Seitenthal von **Scart**) und **Uma** beginnen. Auf den Pässen **Avigna** und **Sesvenna** steht ein schöner **Granit** und **Granitgneiss** mit grossen **Feldspathkrystallen** an, der **Piz Sesvenna**, der benachbarte **Maipötsch 8162^M** etc. sind **Gneiss**, eben so die Hochfläche **Gur Bass**, die **Grianspitze** u. s. w. Oestlich legen sich **Hornblende** und **Glimmerschiefer** an, nördlich begrenzen die mächtigen **Kalkberge** des **Scarthal** und des **Lischannastockes** die krystallinischen

XXVI. Centralmasse des Ortles.

Der Col Tonale, welcher aus Val Camonica nach Val di Sole führt, mit der Zone von Kalk und Hornblendeschiefer, welche ihn von Incadine bis Ponte di Legno begleitet kann als die nördliche Grenze der Centralmasse des Adamello betrachtet werden. Jenseits dieser Grenze finden wir noch eine ziemlich ansehnliche Strecke von krystallinischen Felsarten, von Gneiss und Glimmerschiefer, in welcher die Thäler Mazza, Grande und Mortirolo eingeschnitten sind. Dieses krystallinische Terrain lehnt sich nördlich an die grauen Schiefer (Casannaschiefer) und die Triasgebilde an, welche die Rhätischen Alpen von dem Ötztthaler Gebirg scheiden. Ausnahmsweise sind hier die Sedimentgesteine zu einer grösseren Höhe erhoben als die krystallinischen und da der Ortles dazu gehört, so haben wir der ganzen Gruppe den Namen dieser Spitze des höchsten Berges der deutschen Alpen (3905 M.) beigelegt.

Wenn wir die Gruppe des Ortles so bestimmen, so hat sie folgende Grenzen: westlich den oberen Lauf der Adda und die Strasse des Stilsfer Joches, südlich das obere Thal des Nos, östlich die (secundären) Sedimentgesteine des Etschthals und nördlich die grosse Zone von geschichteten Felsarten, welche die Centralalpen von den Tyroler-Alpen trennen.

XXVI bis. Centralmasse der Trientiner Alpen.

Wenn diese Centralmasse auch gerade nicht durch ihre Ausdehnung und Höhe sehr bedeutsam ist, gehört sie doch in der

Massen; aber mitten zwischen dem Kalk des letzteren und des Piz Cornet taucht aus dem Eis des Lischannagletschers ein schöner Porphyr von Verucano und Gneiss begleitet auf. Nach Westen schneiden die Dolomitberge des Ofengebirgs die krystallinischen Gesteine ab, die unter sie einfallen, südlich trennt sie vom Münsterthal die seltsam aufgesetzte Kalk- und Dolomitkette des Piz Stanlex 3081^m, sowie der Casannaschiefer und Verrucano von Tauffers und Münster und einige Kalkstöcke weiter nordöstlich. Es kommen jedoch in der Thalsohle von Münster wieder gneissartige Felsen und auf der rechten Thalseite selbst Granitgneisse vor. Das Münsterthal ist sonst in Casannaschiefer und Verucano eingeschnitten, welchem Kalk und Dolomitstöcke aufsitzen. Ich möchte die eben in ihren allgemeinen Umrissen beschriebene Masse Sesvennagebirg nennen. Von ihr aus an der ganzen Thalwand des Inn ziehen zwei Gneissstreifen bis zum Zernetzer Gebirg, die von den Sedimentbildungen hier oder da bedeckt oder sehr eingegrenzt werden, jedoch immer wieder auftauchen. (Vergl. Geognostische Beschreibung von Unterengadin von G. Theobald in den Denkschriften der Schweiz. Naturf. Ges. 1858). Sie vermitteln eine Verbindung des Ötztthaler Gebirgs mit der Selvetta.

Geologie zu den sehr bekannten, wegen der Arbeiten und Theorien, welche sich daran knüpfen.

Das Gestein ist nicht mehr einfach Gneiss oder Glimmerschiefer, wie in den grossen Centralmassen um den Ortles und das Ötztal Gebirg; es ist vielmehr ein ächter Prophy, nach L. v. Buch ein ausgezeichnet plutonisches Gestein. Es ist eben dieses Gestein, welchem dieser grosse Geolog die Erhebung der ganzen Alpenkette zuschrieb. Mit diesem Prophy verbunden finden sich andere ähnliche Felsarten, namentlich schwarzer Prophy oder Melaphyr, welchem man vorzüglich die Umwandlung der Kalksteine in Dolomit zuschrieb. Diese Dolomite finden sich im Umkreise der Centralmasse, besonders in dem berühmten Fassathale am Eingang des Fimmerthals, wo die dolomitischen Massen sich bis zu 3000 M. erheben. Die Porphyre erreichen diese Höhe nicht. Dagegen haben sie ganz das Ansehen eines Erruptivkerns, welcher sich mitten aus Sedimentgesteinen erhoben hat, die er auf verschiedene Weise verändert und umgestaltet zu haben scheint, Diese Einwirkung hat hauptsächlich an den sandigen Schichten der Muschelkalkbildungen stattgefunden, was zu dem Gedanken führt, dass der Ausbruch in jener Zeit stattgefunden habe. Von Fächerbildung ist hier nicht die Rede.

XXVII. Centralmasse der Tauern.

Das Thal der Etsch, das längste und tiefste aller Querthäler der Alpen, ist nicht allein die Grenzlinie einer topographischen Scheidung, da es nämlich die Rhätischen Alpen von den Norischen trennt, sondern es zeigt auch einen der eigenthümlichsten Züge der alpinen Orographie. Es ist nicht ein einfacher Durchschnitt durch einen krystallinischen Kern, wie die grosse Spaltenthäler (Clusen) in der Centralmasse der Westalpen; es ist vielmehr eine ursprüngliche Einsenkung, eine unterbrechende Lücke zwischen mehreren grossen Centralmassen, in welcher die Sedimentgesteine sich in einem verhältnissmässig niedrigen Niveau erhalten konnten, ohne grosse Umwälzungen zu erfahren. Auch ist diese Einsenkung schon frühe die grosse Verbindungsstrasse zwischen den beiden Abhängen der Alpen geworden. Durch sie stürzten sich die östlichen Völker zur Zeit der Völkerwanderung auf Italien, durch sie hauptsächlich führten die deutschen Kaiser ihre Schaaren in die Lombardei, während der langen, blutigen Kriege zwischen Welfen und Gibellinen. In unseren Tagen ist sie die Hauptstrasse zwischen Innsbruck und Mailand, und es ist zu hoffen, dass wir bald sehen werden wie die Locomotive über sie hineilt.

Die krystallinischen Massen, welche östlich von der Einsenkung der Etsch liegen, stehen weder an Ausdehnung noch an Höhe hinter denen zurück, welche wir so eben der Reihe nach betrachtet haben. Man möchte fast sagen, dass die erhebende Kraft, nachdem sie gleichsam wieder zu Athem gekommen, eine letzte Anstrengung gemacht habe um es den Centralalpen gleichzuthun, indem sie die lange Reihe von beschneiten Gipfeln bildete, welche man mit dem Namen der Tauern bezeichnet.

Die alten geologischen Karten stellen die ganze Kette der Tauern als eine einzige zusammenhängende Centralmasse dar, vom Zillertal bis zum Ankogel. Die neueren Untersuchungen der Österreichischen Geologen, machen uns mit der Entdeckung von Zonen geschichteter Gesteinen bekannt, welche sich zwischen den verschiedenen Gipfeln durchschlingen und sie in eine Anzahl mehr oder weniger gut begrenzter Centralmassen theilen, ganz so wie die Centralalpen. Schon lange wusste man, dass der höchste Punct der ganzen Tauernkette, der Grossglockner 3949 M. nicht granitisch ist, sondern wie der Ortles aus nicht krystallinischem Schiefer besteht. Wir wissen jetzt, dass diese selben Schiefer eine fortlaufende Zone bilden, welche weiterhin nördlich die paläozoischen Gesteine der Salza wieder erreicht, während sie sich westlich zur Etsch fortsetzen (längs Isel und Ahren). Solcherge- stalt ist die Centralmasse der Tauern jetzt auf viel engere Grenzen zurückgeführt. Nichts destoweniger aber bildet sie noch den grossartig- sten Theil der ganzen Norischen Alpen, von den Quellen der Ziller bis zum Grossglockner. Sie begreift von West nach Ost die Puster Tauern, sonst auch Zemmer Ferner genannt, und die Krimler Tauern, deren höchste Puncte die Dreiherrnspitze 2853^{M.} und die Sulzbacher Käse mit dem Gross-Venediger 3575^{M.} sind.

Die vorherrschende Felsart der ganzen Centralmasse, die Ziller- thalgruppe mit einbegriffen, ist Gneiss und Glimmerschiefer. Indessen ist die Trennung dieser Felsarten von dem grauen und paläozoischen Schiefer nicht immer sehr deutlich.

XXVIII. Centralmasse des Ankogels.

Diese Masse ist die östliche Fortsetzung der grossen Kette der Tauern, von welcher sie nur durch einen Lappen paläozoischer Schiefer getrennt ist. Sie begreift namentlich die Fuchser Tauern, die Nassfel- der Tauern und die schöne Pyramide des Ankogels, deren Hauptkamm

wenig unter die Linie des ewigen Schnees herabsinkt. Mehrere Gipfel erreichen selbst eine Höhe von 3000 M., der Ankogel selbst 3250 M. Von dem Ankogel ab, setzt sich die krystallinische Kernmasse weiter östlich, jedoch abnehmend, fort, bis zum Lieser, wo eine andere Schieferzone sie von der Masse des Gurk trennt. Eine ähnliche Zone, welche vielleicht nur eine Verlängerung der vorigen ist, trennt sie von der Masse der Drau im Süden.

Die Felsart ist dieselbe wie in der Centralmasse der Tauern, wesentlich Gneiss und Glimmerschiefer. Der Ankogel insbesondere ist aus einem schönen Gneiss gebildet.

XXIX. Centralmasse der Drau.

Durch die Schieferzone, welche vom Grossglockner sich zu der grossen Einsenkung der Etsch hinzieht, indem sie zuerst dem Thale der Issel, dann dem des Ahren, eines Nebenflusses der Eisack, folgt, wird ein zweiter krystallinischer Kern von der Hauptmasse der Tauern getrennt. Diese Centralmasse, welche wir nach der Drau benennen, weil sie die Quellen dieses Flusses in sich begreift, ist der Tauernkette parallel aber schmaler und mehr in die Länge gezogen. Sie erinnert sehr lebhaft an das Massiv der 4 lombardischen Seen, von welchem sie in gewisser Beziehung die Fortsetzung sein dürfte. Wie dieses letztere, erhebt sie sich nur ausnahmsweise über die Schneelinie. Der höchste Punct des ganzen Gebirgsstockes scheint die Weissenbacher Spitze, einige Stunden nördlich von Lienz zu sein, welche sich wie man behauptet zu 3278 M. erhebt. Vorherrschende Felsart ist auch hier noch Gneiss und Glimmerschiefer. Der Gneiss ist am besten ausgebildet in der Umgebung von Lienz, wo man selbst eine Neigung zur Fächerbildung bemerkt.

XXX. Centralmasse der Carnischen Alpen.

Ohne gerade zu den grossen Gebirgsstöcken der Alpen zu gehören, erhebt sich die Gruppe der Carnischen Alpen doch ziemlich hoch, indem sie in dem Burken-Kogel zu 2900 und in dem Mont Paralba zu 2690 M. ansteigt. Es ist diese Centralmasse von derjenigen der Drau durch das Thal der Gail mit seinen charakteristischen Triasgebilden getrennt. Der krystallinische Kern ist aus Gneiss und Glimmerschiefer gebildet. Er ist ziemlich schmal im Vergleich mit den sehr malerischen

Kalkbergen, welche ihn auf der Südseite umgeben und im Verein mit den krystallinischen Spitzen die Quellen des Tagliamento und der Piave speisen.

XXXI. Centralmasse der Steyrischen Alpen oder des Hochgolling.

Von allen Gebirgszweigen, die sich an den Ankogel anschliessen, ist einer der ansehnlichsten der, welcher sich nach Norden wendet, wo er unter der Benennung der «Radstädter Tauern» bekannt ist, nach dem Namen der Stadt Radstadt, welche an seinem nördlichen Fusse liegt. Indessen ist dieser Zweig, der höchste von allen, nicht krystallinisch, er ist vielmehr aus Schiefer und Kalk zusammengesetzt. Die krystallinischen Felsarten erscheinen erst weiter östlich in der Gruppe des Hochgolling, um sich darüber hin nordöstlich bis in den Hohenwarth fortzusetzen. Die vorherrschende Felsart ist auch hier Gneiss und Kalk man hat selbst wirklichen Granit an dem Hochgolling.

Die Grenzen dieser Centralmasse sind nördlich die Zone der paläozoischen Schiefer auf der rechten Seite der Ens, südlich die Einsenkung der Mur mit ihren tertiären Ablagerungen, westlich die Zone von Schiefeln, welche, von den Quellen der Mur aus, sich längs des Lieser nach Gmünd hin erstreckt.

XXXII. Centralmasse des Gurk.

Diese Centralmasse, eingeschlossen von der Mur, dem Lieser und der Drau, hat nur noch Berge von zweitem Rang aufzuweisen, die in der Regel bedeutend unter der Schneelinie bleiben. Der höchste Gipfel, der Eisenhut 2440^M, berührt dieselben nur. Es ist ein Weideland, welches ungefähr in seiner ganzen Länge von dem oberen Laufe des Gurk durchschnitten wird. Die östliche Grenze ist scharf bestimmt durch eine breite Zone von Triasgesteinen, welche einer Einsenkung des Bodens entsprechen, der die Strasse von Klagenfurt nach der Mur ihrer ganzen Länge nach folgt. Die vorherrschende Felsart ist auch hier Gneiss und Glimmerschiefer.

XXXIII. Centralmasse der Kärnthner Alpen.

Diese Centralmasse von ziemlich bedeutender Ausdehnung hat zu ungefähren Grenzen, nördlich die Mur, westlich die Einsenkung des

Gurk, südlich die Drau und östlich die aus Molasse bestehende Ebene von Grätz. Wir finden hier so ziemlich denselben Charakter, wie in der vorhergehenden Centralmasse, Berge von gerundeten Formen, in der Regel mit Weideland bis zum Gipfel bedeckt. Es scheint, fast, als habe die krystallinische Kernmasse hier gleichsam die letzte Anstrengung gemacht, indem sie eine Art von grossen Bogen entstehen liess, dessen Mittelpunkt die Stubalp, nördlich von St. Leonhard, ist. Dieser Bogen, weit geöffnet nach Osten hin, war vor der letzten Erhebung von dem Mollassemeer bespült, dessen Niederschläge sich unmittelbar an den Gneiss anlehnen, was ausserdem nirgends vorkommt. Ein anderer Molassemeerbogen dringt durch das reiche Lavantthal, welches mit Recht als das Paradies von Kärnten gerühmt wird. In den Alpen, welche man, nach der gleichnamigen Stadt, die Judenburg nennt, erreicht diese Centralmasse ihre grösste Höhe mit dem Wenzel-Alpenkogel 2140^{M.}

XXXIV. Centralmasse des Bacherwaldes.

Der südliche Zweig der Kärnthner Centralmasse bleibt nicht an der Drau stehen; er sendet einen letzten Ausläufer des krystallinischen Kerns jenseits dieses Flusses, in der Richtung der Warasdiner Berge. Diese aus Gneiss gebildete Verlängerung bezeichnen wir mit dem Namen «Centralmasse des Bacherwaldes. Indem dieselbe gewissermassen eine Fortsetzung der mächtigen Kalkkette der Karavankas ist, legt sie sich wie diese zwischen Drau und Save und bildet so auch zugleich die Grenze zwischen den deutschen und slavischen Volksstämmen. Sie besteht aus einer Menge von Bergrücken und Einsenkungen, gleichsam Runzeln des Bodens, und bildet eine Art von wellenförmigem, eng begrenztem Plateau, welches wenig mehr von dem orographischen Charakter der Alpen besitzt, obgleich es sich an einigen Punkten noch zu 1500^{M.} erhebt (Bacherberg 1500^{M.}, Kappa 1537^{M.}) Es senkt sich stufenweise nach SO, wo es unter den secundären und tertiären Felsgebilden der Warasdiner Berge verschwindet.

XXXV. Centralmasse des Sömmering.

Der nördliche Ausläufer der Kärnthner Centralmasse zieht sich nach Osten zusammen, in dem Maasse, als er sich senkt, um der Mur bei Bruck einen Durchgang zu gestatten. Aber die krystallinischen Felsarten verschwinden darum noch nicht. Sie breiten sich jenseits dieses

Flusses zum letztenmale zu einer sehr unregelmässig gestalteten Centralmasse aus. Es ist die Centralmasse des Sömmerings oder der Fischbacher Alp, welche die Eisenbahn von Wien nach Grätz durchschneidet. Wir finden hier nur noch Bergformen mit sehr sacht geneigten Abhängen, die nichts alpinisches mehr an sich haben. Die Berge erheben sich im Allgemeinen wenig über 1000^{M.}; der höchste unter ihnen, der Wechsel, nahe an den Quellen der Leitha, übersteigt nicht 1680^{M.} Die Centralmasse ist aus zwei parallelen Höhenzügen zusammengesetzt, welche die Flüsse in zahlreichen Spalthäler und Engpässen durchsetzen, um südlich in die aus Molasse gebildete Ebene abzufliessen, welche unmittelbar den krystallinischen Kern begrenzt, ohne dass irgend eine secundäre oder paläozoische Felsart sich zwischen Gneiss und Molasse einschleibt. Ein anderer kleiner krystallinischer Lappen zeigt sich auf dem nördlichen Ufer des Neusiedler Sees; man betrachtet ihn gewöhnlich als das letzte Glied der Alpenkette. Indessen ist er wahrscheinlich, nicht ohne Verbindung mit jener granitischen Masse, welche bei Pressburg hervortritt und die kleinen Carpathen mit den Alpen zu verbinden scheint.

II. Geologie.

Geschichtete Felsarten.

Die geschichteten Felsbildungen der Alpen können kaum mit denen anderer Bergketten verglichen werden. Der Geologe, welcher mit der Voraussetzung in sie eindringt, die ihm bekannten und geläufigen geologischen Horizonte wieder zu finden, wie er sie aus anderen Gegenden kennt, wird bald einsehen, dass er diess gegenüber den Alpenformationen nicht vermag. Mit Recht sagt hierüber H. Studer: «Um sich über den Bau eines Gebirgsstockes der Alpen genaue Rechenschaft zu geben, hat man nicht genug an ein oder zwei Durchschnitten. In Ermangelung beständiger und sicherer Erkennungszeichen täuscht sich oft selbst das geübteste Auge. Man ist häufig genöthigt, Schritt für Schritt das anstehende Gestein zu verfolgen, zu glücklich, wenn von Entfernung zu Entfernung eine, Versteinerungen führende Schichte den

Weg des Beobachters erhellet, und dieses ist noch dazu ein Glücksfall, auf welchen Niemand mit Sicherheit rechnen kann.» In der That hat der Geologe nicht allein mit den Schwierigkeiten zu kämpfen, welche aus der Unregelmässigkeit der Schichtung hervorgehen. Auch sind Erhebungen, Biegungen, Ueberwerfungen, welche fast überall die Ordnung der Schichtenfolge gestört haben, nicht die einzigen Hindernisse. Es giebt noch andere, nicht weniger bedeutende Schwierigkeiten, welche sich an den Bau des Bodens knüpfen. Es ist selten, dass die Felsarten ihren ursprünglichen Charakter behauptet haben. Die Mergel und Thone sind in Schiefer umgewandelt, die Kalke in krystallinischen Marmor, Dolomit und Rauchwacke; oder wenn auch ihre mineralogischen Kennzeichen nicht beeinträchtigt sind, so sind sie wenigstens mehr oder weniger geschwärzt. So ist am Sentis das Aequivalent der weissen Kreide ein schwarzer Kalk, das Neocomien ist ein schwärzlicher, gewöhnlich kieseliger Kalk, dessen äusseres Aussehen demjenigen derselben Felsart im Jura durchaus nicht gleicht. Die Fossilien sind selten gut erhalten und man kann sich glücklich schätzen, wenn man in einer vielleicht zahlreichen Reihe derselben nur einige wenige charakteristische Arten antrifft.

Es ergibt sich hieraus, dass die Bestimmung der Formationen sehr grosse Schwierigkeiten darbieten muss. Lange Zeit stellte man sich vor, die Alpen beständen aus eigenthümlichen Gebirgsbildungen, welche mit denen der andern Bergketten nichts gemein hätten. Bis vor etwa 30 Jahren begnügte man sich mit einigen sehr allgemeinen Eintheilungen. Ausser den krystallinischen Felsarten kannte man vom Innern der Alpen nur Alpenkalk, Flysch und Verrucano, zu welchen in den Grenzgebieten noch Molasse und Nagelfluh hinzukamen.

Gegenwärtig sind, Dank dem uneigenützigen Eifer der Schweizer Geologen und dem Wetteifer der Regierungen von Frankreich, Italien, Oestreich und Bayern, die Alpen kein Boden mehr, welcher von allen andern eine Ausnahme macht. Man findet in demselben nachgerade so ziemlich alle Glieder der Hauptformationen wieder, bald in dieser, bald in jener Gegend, allerdings nur mit mehr oder weniger bestimmten Charakteren.

Die grössten Schwierigkeiten bestehen in dem Innern der Alpen, da wo die granitischen Centralmassen zahlreich sind und sich nahe berühren, wodurch die dazwischen liegenden Sedimentgesteine zu schmalen Zonen zusammengedrückt und oft durcheinander geworfen wurden. Wenn indess die oben entwickelte Hypothese gegründet ist, dass nämlich die krystallinischen Kernmassen durch Druck aus dem in Flächen oder

Becken ausgebreiteten Sedimentgesteinen aufgestiegen sind, gleich viel ob in teigförmigem oder festem Zustand, so folgt daraus, dass die inneren Zonen oder Mulden an demselben allgemeinen Charakter Theil nehmen müssen, welchen diejenigen Gebilde besitzen, die die äussere Bekleidung der Alpen bilden, weil sie nothwendig im Zusammenhang waren, ehe die Erhebung erfolgte.

Da nun andererseits die Ursache, welche die Felsarten umgewandelt hat, in den krystallinischen Kernmassen zu suchen ist, so greift man leicht, dass diejenigen Schichten, welche mit denselben in unmittelbarer Berührung waren, die stärkste Umwandlung erlitten haben müssen. Es ist auch wahrscheinlich, dass die Veränderungen in direktem Verhältniss zu der Mächtigkeit der krystallinischen Centralmassen stehen. Wenn also zwei grosse Centralmassen durch eine schmale Mulde getrennt sind, so werden die Gesteine dieser letzteren weit mehr der Veränderung und Umwandlung ausgesetzt sein, als diejenigen, auf den Seiten der Kette, entfernt von den Centralmassen. Die Veränderungen sind hier in der That oft so bedeutend, dass die ursprüngliche Structur der Gesteine nicht selten ganz verwischt ist, und dass man sich fragen muss, ob man mit einer ursprünglich geschichteten Gestein- oder mit einer eruptiven Felsart zu thun habe. In diesem Fall ist das Studium der Felsarten, welche die Mulden bilden, nichts anders als das der metamorphischen Gesteine, welche der schwierigste Theil der Alpengeologie sind. Es werden daher diejenigen, welche sich mit den Sedimentgebilden der Alpen vertraut machen wollen, sehr wohl thun, vorher die äusseren Zonen zu studiren, ehe sie die inneren, zwischen den Centralmassen gelagerten Mulden angreifen.

In der Regel gibt es nur ein Mittel das Alter dieser Formationen zu erkennen, welches darin besteht, ihre Verbindung mit der äusseren Gebirgszone aufzusuchen. So haben z. B. die Kalkformationen des Thales von Chamouni zu viel Verwandtschaft mit denen des Buet, welche die äussere Umhüllung bilden, um nicht mit ihnen identisch zu sein. In Wallis haben wir nahe bei Sion die Kohlenformation sehr charakteristisch mit Kohle, welche man ausbeutet. Diese Kohlenbänke sind von andern Felsarten begleitet, deren Lage, Aussehen, und im Allgemeinen auch stratigraphische Charaktere deutlich genug sind, um erkennbar zu sein, trotz der Veränderungen, welche sie etwa betroffen haben können; es sind Conglomerate und gewisse Schiefer. Wenn nun die Kohle fehlt, so wird man diese Felsarten Schritt für Schritt verfolgen müssen, wenn man das Alter dieser oder jener damit zusammenhängenden Mulde erforschen will.

Es darf übrigens der Grad der Veränderung der geschichteten Gesteine an und für sich nicht als ein Beweis ihres hohen Alters angesehen werden. Die Mulde der Furka, welche nur eine Fortsetzung derjenigen des Rhonethales ist und die des Bedretthales, enthalten beide Belemniten in sehr stark umgewandelten Gesteinen, welche mit Glimmerschüppchen und Granaten angefüllt sind. Bei der ersteren ist das der Fall an der Furka selbst, bei der andern auf dem Nufenen-Pass, in Felsarten, welche man vor 40 Jahren noch zu den krystallinischen zählte, und von welchen man jetzt erkannt hat, dass sie zur Juraformation gehören.

Im Allgemeinen darf man nicht erwarten die Reihe der Formationen in den Mulden eben so vollständig anzutreffen, als in den äussern Grenzgebilden. Man findet darin selten mehr als die Repräsentanten der paläozoischen Reihe oder der unteren und mittleren Secundärformationen. Wenigstens ist das so in sehr engen Mulden. So enthält, um einige Beispiele anzuführen, die Mulde von Chamouni zwischen der Centralmasse der Aiguilles rouges und dem Montblanc, nach H. Favre keine Formation welche jünger wäre als die jurassische. Die Mulden von Realp und Urseren sind beschränkt auf die paläozoischen Formationen und einige Lappen der Jurabildungen. Die Mulde, welche die Centralmasse der Tauern von derjenigen der Drau scheidet scheint auch keine jüngere Formationen zu enthalten. Es ist wahr, dass dies sehr schmale Mulden sind. Wenn die Mittelzonen sich mehr in die Breite und überhaupt in allen ihren Theilen entwickeln, wie z. B. in Maurienne und Tarentaise zwischen den Piemontesischen Alpen und denen von Dauphiné, sieht man darin die triasischen und jurassischen Bildungen weit ausgebreitet und selbst Lagern von eocenem Gestein hinzukommen, wie z. B. an der berühmten Stelle von Petit Coeur in Tarentaise, auf dem rechten Ufer der Durance. Im Ganzen indess, dringen die neueren Formationen, die Kreide mit inbegriffen nur wenig in das Innere der Thalengen ein, und was die Molasse betrifft, so haben wir gesehen, dass sie, einige Thäler auf der äussersten Ostseite der Kette ausgenommen, den inneren Mulden ganz fremd bleibt, indem sie in gewisser Hinsicht nur den äussern Gürtel der Alpen bildet.

Während die innern Mulden so viele Schwierigkeiten für den Beobachter haben, bieten die äussern Zonen ein fruchtbareres und er-muthigenderes Feld zur Ausbeutung.

Wir haben weiter oben, bei der Erklärung des Durchschnitts des St. Gotthard gesehen, dass die Charaktere der verschiedenen Formationen um so besser ausgeprägt sind, je mehr man sich von den gra-

nitischen Kernmassen entfernt. Diese Regel wird auch anderwärts bestätigt. Die äussere Zone enthält zuweilen die ganze Formationsreihe von den paläozoischen bis zu den Tertiärbildungen; sie erscheint um so deutlicher, je breiter die Zone ist, und je weiter sie sich von den granitischen Centralmassen entfernt. Daher kommt es, dass die Ostalpen für das Studium der Sedimentgesteine günstiger sind als die Centralalpen, und in der That haben die Untersuchungen der österreichischen Geologen die alpine Stratigraphie durch wichtige Fortschritte gefördert.

Die ersten Versuche, die sedimentären Formationen der Alpen mit denen anderer Länder zu parallelisiren, wurden vor wenig mehr als einem Vierteljahrhundert gemacht. Früher vereinigte man unter dem Namen Zwischenbildungen eine Reihe von Ablagerungen, die in unmittelbarer Berührung mit dem Gneiss stehen und aus Quarziten, dolomitischen Kalken, Ranchwacke, rothem Thonschiefer und sehr mächtigen Conglomeraten zusammengesetzt sind. Es folgten dann jene mächtigen Kalkstöcke, welche über diesen Schiefeln und Dolomiten liegen und welche da, wo krystallinische und Sedimentbildungen aneinander grenzen, grosse Gebirgsmassen bilden, deren steile Abhänge gegen die granitischen Kerne gekehrt sind. Man bezeichnete sie als Hochgebirgskalk. Ueber diesem Kalk hatte man zwischen dem Genfer See und der Aar die Oxford- und Kimmeridgebildungen erkannt. Die Kreideformation war bekannt, aber wenig bestimmt; man zog dazu noch die Nummulitenformation der Diablerets und der Dent de Morcles, so wie die mächtigen Ablagerungen von grauem Schiefer, welche einen grossen Theil der Gebirge von Appenzell, Schwyz und Unterwalden ausmachen.

Reihe der paläozoischen und Übergangsbildung.

Wenn es wahr ist, dass die Veränderung und Umwandlung der geschichteten Felsarten der Alpen von einer directen oder indirecten Einwirkung der krystallinischen Felsgebilde abhängt, so müssen die paläozoischen Formationen in Folge ihres Alters und der Nähe der krystallinischen Kernmassen, am stärksten davon ergriffen worden sein. Dies ist dann in der That auch der Fall, ganz besonders in dem centralen und westlichen Theile der Alpen. Etwas weniger auffallend treten die Veränderungen in den Ostalpen hervor. Hier hat man denn auch die ältesten Spuren der paläozoischen Formationen aufgefunden und erkannt. Man findet Lappen der Silurischen Formationen bei

Werfen und in der Gegend von Salzburg sowie in den Umgebungen von Grätz. Nach Gümbel spielt diese Stufe, die er als Grauwacke bezeichnet, sogar eine ziemlich bedeutende Rolle im Pinzgau, nahe bei der Biegung der Salza, von wo sie sich östlich in das Thal der Enns bis jenseits Radstadt und westlich bis Rothenburg am Inn erstreckt. Die österreichischen Geologen führen sie ausserdem im Thale der Mürz nahe bei dem Zusammenfluss mit der Mur auf. Dagegen ist sie bis jetzt, weder in den schweizer noch in den französischen Alpen, noch am Südgebänge der Kette erkannt worden. Indessen möchten wir doch nicht den Schluss daraus ziehen, dass das silurische und devonische Meer sich nicht zur Zeit über den Boden der westlichen Alpen erstreckt habe. Natürlicher scheint uns die Annahme Murchisons, dass die Ablagerungen aus jener uralten Zeit durch die im westlichen Theile der Alpenkette so weit verbreiteten metamorphischen Gebilde vertreten sind.

Der Kohlenkalk war schon seit 1847 durch die Herren Murchison und Verneuil am Bleiberg in Kärnthen angegeben. Die österreichischen Geologen haben seitdem sein Vorkommen im Gailthal so wie im Friaul constatirt und bezeichnen ihn mit dem Namen der „Alpinen Kohlenformation“.

Steinkohlenformation.

Wenn die Mecresbildungen der Kohlenformation sich in den Ostalpen finden, so ist diess dagegen nicht der Fall mit der eigentlichen Steinkohlenformation; diese scheint sich vorzugsweise in den centralen und westlichen Alpen abgelagert zu haben. Es sind uns keine Abdrücke von Pflanzen der Kohlenformation an irgend einem Punkte der Kärnthner oder Norischen Alpen bekannt. Dagegen kommen an manchen Orten in Dauphiné, Savoyen und der Schweiz, Lager von Kohle oder Anthracit vor; welche zum Theil bebaut werden, z. B. zu Coupeau im Chamouni Thal, an manchen Punkten der Arc und Isère-Thäler, zu Chandolin bei Sitten in Wallis. Auch ist es jetzt als bestimmt erkannt, dass die berühmte Formation von Petit Coeur in Tarantaise mit ihren Abdrücken von Farren deren Alter so lange Zeit ein Gegenstand des Zweifels war, wirklich zu der Steinkohlenformation gehört. Dasselbe ist der Fall mit den Farrenabdrücken von Outre-Rhone bei Lavey. Dieselben Schichten mit Anthracitbänken und gut ausgesprochenen Charakteren ist in dem Tunnel von Mont Cenis aufgefunden worden. Abdrücke von Kohlenpflanzen bezeugen die An-

wesenheit der Kohlenbildungen in dem oberen Theil des Thales von Aosta und in den Conglomeraten der Seealpen. Endlich wissen wir jetzt, dass gewisse, sehr charakteristische Conglomerate der Montblancmasse die als Valorsine Pudding bekannt sind (von einem kleinen Dorf am Wege von Martigny nach Chamouni) zu derselben Formation gehören, da man darin Abdrücke von Sigillarien gefunden hat.

Permische Formation.

Es hat diese noch nicht mit Bestimmtheit in den Alpen nachgewiesen werden können. Indess wäre es wohl möglich, dass man zu derselben gewisse Formen des Verrucano im Rhäticon, in Davos, dem Albulathal und Engadin ziehen könnte, namentlich diejenigen, welche H. Theobald als besondere Gruppe unter dem Namen Talkquarzit namentlich im Münsterthal unterschieden hat.

Unbestimmte Formen des Übergangsgebirgs.

Die Schichtencomplexe, welche wir so eben näher bezeichnet haben und die zu verschiedenen Gliedern der paläozoischen Reihe gehören, erscheinen unbedeutend im Vergleich zu der grossen Ausdehnung, welche andere mehr oder weniger metamorphosirte Felsarten einnehmen, zu deren näherer Bestimmung und Parallelisirung mit bekannten Formationen man noch nicht hat gelangen können, welche aber dennoch eigentlich sedimentären Ursprungs und wahrscheinlich zu derselben grossen Abtheilung von Gesteinen zu ziehen sind. Solche sind wenigstens theilweise die grauen und grünen Schiefer H. Studers, die Thonschiefer und Phylliten der Tyroler und österreichischen Alpen, ein Theil der metamorphischen Felsarten der Cottischen und Grajischen Alpen, die Sismonda zu den Jurabildungen zieht, ein Theil der grossen metamorphischen Zone, welche die Seealpen mit den ligurischen Alpen verbindet. Endlich reihen wir hier auch noch gewisse Hornblendegesteine und Glimmerschiefer, namentlich die welche Marmor und Dolomitbänke einschliessen. Alle diese Felsarten können unter dem Namen „Übergangsgebirg“ zusammen gefasst werden. Die Untersuchungen künftiger Geologen werden uns ohne Zweifel lehren, zu welcher der paläozoischen Formationen sie gehören, oder ob es unter ihnen vielleicht noch ältere giebt, welche der Azoischen Reihe einzuordnen sind.

Secundäre Formationen. Triasbildungen.

Die Triasformation war bis jetzt vorzugsweise nur Eigenthum der Ostalpen. Man findet sie in ausgedehnter Entwicklung, sobald man

den Rhein überschritten hat, nicht allein in den äusseren Zonen von Vorarlberg, Algäu, den Bairischen, Tyroler, Salzburger und Adompter Alpen, sondern auch im Innthal. Dieselbe Formation findet sich am Südbhang der Alpen; sie kommt von Osten her und streicht westlich bis zum See von Lugano, wo sie an der schönen Pyramide des Monte San-Salvadore endigt. Endlich werden wir weiter unten sehen, dass sie nach den neuesten Untersuchungen auch den westlichen Alpen nicht fehlt.

Es scheint auf den ersten Anblick hier nichts leichter zu sein, als die Glieder der Triasformation zu bestimmen so wie sie in Deutschland und Frankreich vorkommen. Da haben wir drei wohl charakterisirte Stufen, die eine sandige, den bunten Sandstein, welcher die Grundlage bildet, die andere aus Kalk gebildete, den Muschelkalk, und die dritte obere, mergelige, den Keuper.

Gegen alle Erwartung ist es gerade diese Formation, welche in den Alpen dem Geologen die meisten Schwierigkeiten darbietet, so sehr ist ihre ganze äussere Erscheinung verändert und umgestaltet. Es sind lange Forschungen nöthig gewesen, um den Muschelkalk in den dolomitschen Massen der Ostalpen und dem bituminösen Kalk am Comer See zu erkennen, besonders aber um den Keuper in den Dolomiten von Tyrol wiederzufinden.

Diese Schwierigkeiten werden durch die Mannigfaltigkeit der Formen vermehrt, in welcher die verschiedenen Glieder der Triasformation in den Alpen auftreten. Das gilt namentlich von den Vertretern des Keupers, von denen mehrere in anderen Gegenden, wo wir die Trias kennen, ohne eigentliche Analogie sind. Die stratigraphische Untersuchung dieser Schichten konnte unter solchen Umständen nur wenig Hilfsmittel und Anhaltspunkte bieten. Nur indem man die Trümmer von Versteinerungen sorgfältig aufsuchte und bis ins kleinste Detail der Untersuchung und Vergleichung unterwarf, ist man endlich dahin gelangt, die Mehrzahl von den Gruppen der alpinen Trias zu parallelisiren. Indess sind noch nicht alle Zweifel beseitigt; mehrere der als Horizonte angenommenen Formationsglieder sind noch nicht indentificirt, und unter denen, die man eingereicht hat, bedürfen mehrere noch der Bestätigung. Es bleibt hier noch ein weites Feld zu erforschen.

a. Bunter Sandstein.

Auf dem nördlichen Abhang der Alpen finden wir als Vertreter des bunten Sandsteins rothe und grüne Schiefer, bekannt unter dem

Namen Werfner Schiefer. An anderen Orten, in Graubünden, Vorarlberg, Lichtenstein und an den Ufern des Wallenstädter Sees, sind es rothe Schiefer und Conglomerate, welche man ungeeigneterweise mit dem Namen Verrucano bezeichnet, weil man sie eine Zeit lang als Aequivalente des Conglomerats von la Verruca in Toscana ansah, während es jetzt ausgemacht ist, dass der Verrucano von la Verruca nicht zur Trias, sondern zur Kohlenformation gehört. In der Lombardei sind die Conglomerate von bunten Schiefen überlagert, welche nur eine Unterabtheilung des bunten Sandsteins zu sein scheinen, und dort Servino genannt werden.

b. Muschelkalk.

Diese Sandsteine und Conglomerate sind in den Tyroler und Bairischen Alpen bedeckt von Kalkmassen, mit welchen ungeheure Lager von aschgrauem, ins Schwarze übergehenden Dolomit verbunden sind. Wenn so lange Zweifel über diese Formation geherrscht, so kommt das hauptsächlich von dem ausserordentlichen Uebergewicht dieses Dolomits, der so mächtigen Einfluss auf die Form und das Aussehen der Berge hat, während sich ausserhalb der Alpen kein Analogon dazu findet. In Kärnthen ist dieses Formationsglied, welches das Aequivalent des Muschelkalks ist, unter dem Namen Guttensteiner Kalk beschrieben worden. Es ist dasselbe auch gleichwerthig mit dem „unteren Dolomit“ der lombardischen Geologen. Dieser letztere ist in der Lombardei überlagert von einem bituminösen Kalk, welcher zahlreiche Skelette von Fischen und Reptilien enthält, zugleich mit Muscheln, die offenbar der Muschelkalkformation angehören. Man hat diese Felsart als „Gruppe von Varenna und Perledo“ bezeichnet.

In den inneren Alpen kommen diese Dolomite zwar vor, namentlich in Bünden, jedoch nur in sehr beschränkter Mächtigkeit. Gewöhnlich sind sie durch Rauchwacke vertreten oder kommen über dieser lappenweise vor. Dagegen erscheint als ziemlich constantes Formationsglied ein schwarzer oder grauer plattenförmiger Kalk mit *Retzia trigonella* u. s. w. vor, welcher oft nach unten in schiefrige Bildungen übergeht. Es ist dies der Vigloriakalk von Richthofen, der obere Guttensteinkalk Anderer, und ist ebenfalls zum Muschelkalk zu ziehen, als Aequivalent der Gruppe von Varenna.

c. Keuper.

Der alpine Keuper ist von den drei Formationsstufen diejenige, welche dem sonstigen Vorkommen am ungleichsten ist und daher ist

es hier am schwierigsten gewesen, den Parallelismus der Schichten nachzuweisen. Es handelte sich zunächst darum, einestheils den Kalk von Raibl in Kärnten einzureihen, welcher für die österreichischen Geologen eine typische Form geworden war, und andernteils die Schichten von St. Cassian in Tyrol, die durch ihre Fossilien so merkwürdig sind. Wir wissen jetzt, dass diese beiden Gruppen dem Keuper angehören.

Ueber diesen Schichten sieht man in verschiedenen Gegenden der Alpen gewaltige Massen von Dolomit gelagert, die in Vorarlberg und Baiern unter dem Namen „Hauptdolomit“ bekannt sind, und sich bis weit in die Bündner Alpen erstrecken. Es könnte möglicher Weise dieser Dolomit das Aequivalent der Dolomitschichten sein, welche sich im Jura zwischen die Lettenkohle und die Keupermergel einschieben und von einigen Geologen als „Horizont von Beaumont“ bezeichnet werden. Dies wäre denn der mittlere Keuper.

Unter diesen beiden Formationsgliedern, unter dem Hauptdolomit und den Raibler Schichten liegt nun eine in Oesterreich wohlbekannte Gruppe, die aus Schiefer und Kalk zusammengesetzt ist, nämlich die Partnachmergel und der Hallstädter Kalk, so dass ersterer die untere, letzterer die obere Stelle einnimmt. Der Hallstädter Kalk erreicht zuweilen eine sehr ansehnliche Mächtigkeit, unter anderen in Friaul 6—700 Meter. Beide Glieder finden sich noch sehr gut entwickelt in Vorarlberg und im Rhäticon, werden aber weniger bedeutsam, je weiter man nach Süden in den Bündener Alpen fortschreitet.

In der Lombardei hat H. Stoppani als Repräsentant des Keupers zwei Gruppen erkannt, eine untere, die von Grono und Dossena, eine andere obere, die von Esino.

Endlich hat sich ganz kürzlich H. Lory veranlasst gefunden, in seiner Karte des Briançonnais, mehrere bisher unbestimmte Gebilde, welche man sich begnügt als metamorphisch zu bezeichnen, in die Trias-Gebilde einzureihen, so namentlich die kalkigen Talkschiefer der piemontesischen Thäler und diejenigen von Queyras, welche sich im weiten Kreis um den Monte Viso und den Kern der Cottischen Alpen lagern, und an manchen Stellen von Gyps und Rauchwacke überlagert werden. Im innigen Zusammenhang mit diesen glänzenden Talkschiefern (Schistes lustrés) stehen, ausser der Rauchwacke, auch noch gewisse weisse und bunte, oft in Quarzit übergehende Sandsteine, welche zwischen denselben und den Authracit-Gebilden sich einlagern und, von Lory ebenfalls zur Trias gezogen werden. Aller Wahrscheinlichkeit nach entsprechen sie den Quarziten des St. Bernhard, welche von Favre

bereits als triasisch angesprochen worden waren. Noch bleibt zu ermitteln übrig, wie weit sich diese Gebilde nördlich vom Mont-Cenis, in das Gebiet der Grajischen Alpen erstrecken.

Die Kalke des Briançonnais dagegen rechnet Lory zum Lias; sie entsprechen wohl am nächsten unserer Rhätischen Gruppe.

Vor der Hand kann noch keine Rede sein, jene Schiefer und Quarzite-Gebilde näher zu kennzeichnen. — Nach Mortillet wären die Quarzite eine thermale Formation, durch heisse Quellen nach Art der Ablagerung bei den Geysern entstanden.

Infra Lias.

Der Hauptdolomit und was mit ihm zusammenhängt ist seinerseits von einer Gruppe überlagert, deren Parallelisirung noch Gegenstand des Streites zwischen den Geologen ist. Da diese Gruppe vorzugsweise in den Rhätischen Alpen entwickelt ist, bezeichnen wir sie mit dem Namen „Rhätische Gruppe.“

Sie theilt sich in zwei Hauptglieder, nämlich die Kössner Schichten als Grundlage, und Dachsteinkalk als Decke derselben.

Die ersteren scheinen das Aequivalent der Schichten mit *Avicula contorta* zu sein, die dem untersten Lias entsprechen würden, zu welchem als untergeordnete Schichte das *Bonebed* gehört.

In der Lombardei hat die Rhätische Gruppe als Aequivalent, nach Herrn Stoppani, drei Formationsglieder, welche von unten nach oben folgende sind:

1. Schwarze mergelige Schiefer, welche mehr speciell die Schichten mit *Avicula contorta* repräsentiren.

2. Kompakter Kalk, mit schiefrigen Mergeln wechselnd (Gruppe von Azzarola), welcher Schichtencomplex insbesondere die höchsten Schichten darstellt.

3. Mächtige Bänke von Dolomit und festem weissem Kalk.

Fernere Untersuchungen werden uns lehren, ob die Rhätische Gruppe noch zum Keuper zu ziehen sein wird, oder ob sie, wie H. Stoppani will, nicht zweckmässiger als „Unterliasische Gruppe“ in die Liasformation einzureihen ist.

Liasformation.

Der Lias erscheint in der Regel, wenn er nicht von später eingetretenen Einflüssen verändert worden ist, in der Gestalt von mergeligen, wenig festen Gesteinen, welche leicht zerfallen, woher es denn kommt, dass im Jura sein Anstehen keine scharfen Bergformen darstellt, sondern

dass demselben jene Einsenkungen des Bodens entsprechen, welche man unter dem Namen *Comben* kennt. Anders ist es in den Alpen, wo der Lias gewöhnlich ein sehr fester Kalkstein ist, der eben darum eine ganz verschiedene Rolle in der Orographie spielt. Die Fossilien indess sind dieselben und durch dieses Mittel ist es gelungen, ungeachtet des verschiedenen petrographischen Aussehens, bis zu einem gewissen Grade die verschiedenen Gruppen der Formation zu identificiren. So hat man sich z. B. versichert, dass gewisse Kalkbänke zu Meillerie am Ufer des Genfer Sees *Ammonites Bucklandi* enthalten und daher in die Reihe der unteren Lias gehören. Derselbe Fall ist jetzt bei den Kalkschiefern von Petit-Coeur nachgewiesen, welche mitten in die Anthracit Sandsteine eingeschoben sind. Herr Lory rechnet zu diesen Bildungen auch die Dachschiefer von Oisans und die compacten Kalksteine des Briançonnais. Endlich gehören eben dahin die Felsarten, welche die lombardischen Geologen unter dem Namen „Formation von Saltrio“ beschrieben haben, weil sie besonders mächtig an diesem Punkt und zu Arzo im Canton Tessin südlich von Lugano auftreten. Es scheint sogar, nach H. Stoppani und Ragazzoni, dass diese Formation sich an dem ganzen Saum der lombardischen Alpen hin, bis zum Gardasee ausdehnt.

Der obere Lias ist in den Alpen, besonders auf der italienischen Seite durch eine sehr gut charakterisirte Felsart repräsentirt; es ist dies ein grauer oder rother Kalk, den man schon seit langer Zeit unter dem Namen *Calcareo rosso ammonitico* kennt und der besonders gut in der Umgegend des Comer Sees, namentlich bei Erba in der Brianza entwickelt ist. Der Name „Ammonitenkalk“ ist wohl gerechtfertigt durch die Menge von Ammoniten welche er einschliesst. Dennoch wäre zu wünschen dass dieser Name nicht festgehalten würde, und zwar aus dem Grunde, weil er auf mehrere unter sich verschiedene Formationsglieder angewandt werden kann und angewandt worden ist. So macht daraus Herr v. Hauer, in seiner geologischen Karte der Lombardei, zwei Gruppen, deren eine er zu dem unteren Lias, die andere zum Oolit zieht. Die lombardischen Geologen dagegen versichern, dass der *Ammonitico rosso* ein vollständiges Gemisch von liasischen und oolitischen Arten von Fossilien enthalte bis zum Oxfordkalk und diesen mit inbegriffen. Ist dem wirklich so? Es wäre wohl von Wichtigkeit, den Beweis zu führen.

Auf der Nordseite der Alpen, in Oesterreich, Baiern und Tyrol, ist der obere Lias durch mehrere Gruppen repräsentirt, namentlich durch die Algauschiefer und Fleckenmergel und besonders durch den

Marmor oder Kalk von Adneth, welcher wahrscheinlich das Aequivalent des *Calcareo ammonitico rosso* ist.

Auch in den westlichen Alpen fehlt der obere Lias nicht ganz. Man findet ihn in Tarentaise unter dem Col des Encombres und er erscheint wieder in den Berner Alpen, insbesondere bei Chatel St. Denis und in der Stockhornkette bei Blumenstein. Dieses letztere Vorkommen bietet uns sogar die drei Stockwerke der Formation. So ist es auch zu Bex in den Wadtländer Alpen, wo die mächtigen Gypslager, welche das Steinsalz enthalten, zu den Liasbildungen gehören. Unter den Versteinerungen dieser Oertlichkeit, welche man in der Naturaliensammlung von Lausanne aufbewahrt, finden sich solche, die dem Unter-, Mittel- und Oberlias angehören. Solchergestalt findet sich die Liasformation ungefähr in der ganzen Ausdehnung der Alpen.

Jura oder Oolitformationen.

Man darf nicht erwarten, in den Alpen alle die zahlreichen Unterabtheilungen dieser Formation wieder zu finden, so wie sie sich in England, Frankreich und in dem Schweizer und deutschen Jura zeigen. Indessen hat man doch die Hauptgruppen erkannt.

1. Unteroolit oder Dogger.

Diese Schichtenstufe ist zuerst in den Berner Alpen, überhaupt in der Gegend zwischen Arve und Aar, insbesondere in der Kette des Stockhorns erkannt worden. Die Kalkschichten, welche bei Blumenstein den Lias bedecken, enthalten mehrere der charakteristischen Fossilien des Unteroolith, unter andern *Belemnites giganteus*. Man findet dieselben Schichten in der Umgegend von Bex und sonst in den Wadtländer Alpen, besonders in den Thälern des Avençon, der Grande Eau und der Tinien, so wie ferner am Fuss des Titlis im Engelberger Thal (Unterwalden), an den Abhängen des Glärnisch, am Wallenstädter See, Calanda und Tödi. Auch in Savoyen finden sich Spuren davon, namentlich am Col d'Anterne zwischen Sixt und Servoz. Herr Escher giebt sie in dem Grabachthal in Vorarlberg an. Neuere Untersuchungen haben das Vorkommen des Doggers auch in den Glarner Alpen festgestellt, und zwar in seiner doppelten Form als Bajocien mit *Belemnites giganteus* und *Ammonites Hamphresianus* bei Loeser ob Guppen und als Bathonien mit *Am. Parkinsoni*, *Rhynchonella plicatella* am Glärnisch. Endlich hat Herr v. Zigno ihr Vorkommen im Venetianischen durch eine Reihe von fossilen Pflanzen erwiesen, welche sich in einem grauen Kalk am Spitzberg in den Setti communi finden. Diese

Bildungen setzen sich dann zwischen Mezzaselva und Roana fort. Man findet sie im Veronesischen bei Silva di Pugno wieder

2. Mittlerer Oolit.

Der mittlere Oolit (Oxfordgruppe) spielt eine weit wichtigere Rolle, denn es müssen zu dieser Gruppe jene ungeheuren Kalkmassen gezogen werden, welche man ehemals mit dem Namen Hochgebirgsdolomit bezeichnete, deren steile Abhänge von mehreren hundert Meter Höhe an vielen Orten gegen die krystallinischen Kernmassen gekehrt sind, wie bei Grindelwald und in Hassli. Unter dem Namen Chatelkalk erhebt er sich mitten aus der Zone von Macigno, welche zwischen der Arve und Aar sich ausdehnt und bildet unter anderen die Dent d'Oche, den Moleson, die Dent de Branleire und einen Theil der Stockhornkette. Besonders aber sind es die hohen Berge, welche gürtelartig zunächst das Finsteraarhorn umgeben, wo dieser Kalk am auffallendsten erscheint, und zu Höhen ansteigt, welche mit den höchsten Alpengipfeln wetteifern, wie die Altels 3634^m, die Blümlisalp 3661, das vordere Wetterhorn 3707, der Titlis 3239. Er bildet auch riesenhafte keilförmige Massen, welche an der Jungfrau, dem Mettenberg und Laubstock dem Gneiss eingeschoben sind. Es ist ein fein krystallinischer, schiefriger, trockener Kalk, der wie Glas unter dem Schläge des Hammers klingt. Den Touristen empfehlen wir bei Bergersteigungen diesem Kalk nicht zu trauen.

Wahrscheinlich muss man auch zu dem Oxfordischen Schichtenstockwerk den Kalk ziehen, welcher die Hauptmasse der Windgelle, so wie die Ketten des Scherhorns 3296^m und der Clariden 3258 bildet, von wo aus er sich bis nach Glarus ausdehnt. Der Kalk des Tödi und des Panixer Passes ist dieselbe Felsart. Endlich giebt dieser Kalk oft Veranlassung zu Entstehung von Karrenfeldern, nackten Felsflächen, in welche tiefe Spalten einschneiden, welche durch schmale, scharfe Rippen getrennt sind; sie bilden eine der seltsamsten Erscheinungen der Alpenlandschaften und man findet davon sehr auffallende Beispiele am Dauben-See auf der Höhe des Gemmipasses. — Die Versteinerungen sind selten in diesem Kalk. Sie beschränken sich auf einige Belemniten und eine geringe Zahl von Ammoniten. Die Belemniten sind oft von Quarz- und Kalkspathadern durchsetzt, die Ammoniten in die Länge gezogen, woraus hervorgeht, dass die ganze Masse eine auffallende Streckung erlitten hat. Die gewöhnlichsten Arten sind *Belemnites hastatus Bl.* und *Ammonites tortisulcatus d'Orb.*

In den Glarner Alpen war Herr Bachmann glücklicher, indem er

ausser und unter dem eigentlichen Hochgebirgskalk (den er als Quintner Kalk nach Escher bezeichnet) auch noch eine Reihe von schiefrigen Kalken mit zahlreichen Fossilien unterscheiden konnte, die er als das Aequivalent der Birmansdorfer Schichten oder der Zone des *Ammonites arolicus* Opper (Weisser Jura γ von Quenstedt) ansieht. Als charakteristisch werden angeführt, vom Glärnisch: *Pentacrinus subteres*, *Cidaris propinquus* *Ammonites biplex*; von Schilt: *Ammonites Arolicus*, *Belemnites hastatus* etc.; desgleichen vom Mürtchenstock, von Wallenstadt und vom Ruchenstock in Unterwalden. Damit wäre denn auch der Horizont des Hochgebirgskalks ein für alle mal festgestellt.

Zu eben diesen Kalkbildungen gehören auch allem Anschein nach die Kalkschichten, welche H. Gümbel in seiner geologischen Karte von Baiern mit dem Namen Oberjurakalk mit Aptychen bezeichnet hat, und welche sich mit denselben Charakteren in den Alpen von Vorarlberg und bis nach Graubünden wiederfinden, wo sie durch H. Theobald am Calanda bekannt geworden sind.

Fossilien, welche neulich von H. Favre am Col de Ferret, auf der Südseite des Mont Blanc entdeckt worden sind, weisen auf dieselbe Formationsstufe hin. Endlich umgibt eine ununterbrochene Zone davon die Westalpen und die Centralmasse von Oisans, von Gap bis nach Grenoble, wo diese Kalke den berühmten Cement der Porte de France liefern.

Die Kellowaygruppe oder eisenhaltige Oxfordkalk, ist zu innig mit dem gewöhnlichen Oxfordkalk verbunden, als dass man daran denken könnte, ihn in den Alpen davon zu trennen. Wir ziehen vorläufig dazu die Eisensteine von Ardon in Wallis und die Eisensandsteine in den bairischen Alpen. Vielleicht könnte man damit auch den Chamosit (eigenthümliche Art von Eisenstein) vereinigen, welcher sich nesterweise im Hintergrund des Chamosonthales in Wallis findet, so wie ein ähnliches Erz, das man seit Jahrhunderten am Gonzen bei Sargans ausbeutet.

Die Oxfordgruppe erscheint mit etwas veränderten Charakteren wieder im Videntinischen. Nach H. v. Zigno sind die Schichten, welche oolitische Pflanzen enthalten, von einem gelblichen Kalk bedeckt, welcher Oxfordische Fossilien enthält, und gerade auf diesem erscheinen die gelben und rothen Kalke, welche den sogenannten *Calcarea rosso ammonitico* (rothen Ammonitenkalk) von Venetien bilden, welcher von dem wahren *C. ammonitico rosso* der Lombardei sehr verschieden ist; denn er enthält, nach H. v. Mortillet, nur Oxfordische Arten, unter andern *Ammonites plicatilis*, *tatricus*, *anceps*.

Mit diesen Ammoniten finden sich die für die Oxfordgruppe bezeichnenden Aptychen. Dieses Schichtenstockwerk geht aus Venetien nach Wälschtyrol über, findet sich bei Trient und Roveredo und setzt sich von da nach der Lombardei fort. In der That findet man es wieder bei Brescia in der Form eines rothen kieseligen Kalkes; desgleichen bei Gavirate am Vareseer See, wo er unmittelbar von der Majolica überlagert wird.

Der Korallenkalk war bis jetzt in den Alpen nicht nachgewiesen worden. Erst ganz neuerlich wollen Escher und Bachmann ihn am Südrande des Wallensees identificirt haben.

3. Oberer Oolit.

Diese Gruppe ist in den Alpen von verhältnissmässig beschränkter Ausdehnung. Man hat sie bisher weder in den Ostalpen noch in dem östlichen Theil der Centralkette bestimmt nachgewiesen. Auch den Westalpen scheint sie zu fehlen. Die hauptsächlichsten Gegenden, wo sie vorkommt, sind die oberen Theile des Simmen- und Saanethals zwischen der Kette des Moléson und dem Niesen. Sie kommt auch in Chablais vor, wo sie sich in der Kette der Cornettes zu grosser Höhe erhebt, so wie auf der rechten Seite der Rhone, wo sie die malerischen Spitzen der tours d'Ay, de Mayen und de Famélon bildet, um sich dann bis zu den Bädern von Weissenburg auszudehnen.

Die Felsart ist ein schwarzer, oft schiefriger Kalk, weicher sich nach den Fossilien, die er einschliesst, der Kimmeridgegruppe einzureihen scheint. Er enthält Kohlenbänke, welche man am Nordfuss der Cornettes, in der Val d'Abondance und nicht weit von da, bei Vouvry, auf der Nordseite der südlichen Kette ausbeutet. Die Kohle ist sehr fett, aber ihre Lager sind nicht sehr mächtig, nur 6 bis 18 Zoll. Es ist aber diese Kohle, sowie der Schiefer, welcher sie umgiebt, angefüllt mit einer Menge von Muscheln, welche theils dem Meere, theils dem süssen Wasser angehören. Man hat darin noch keine Pflanzenreste gefunden. Möglicher Weise wird man auch zu dieser Stufe die im Glarner Lande als schwarze Kalkschiefer bezeichneten Lager zu ziehen haben, die namentlich am Mürtchenstock eine grosse Anzahl Krebse beherbergen.

Die Kreideformation.

Das Vorkommen und die eigenthümliche Beschaffenheit dieser Formation in den Alpen, ist durch die Arbeit der neueren Geologen

an's Licht gezogen worden. Abgesehen von dem Macigno und den Numulitenkalken, welche man ehemals zu der Kreideformation zählte, jetzt aber in die Reihe der Tertiärbildungen gestellt hat, war die Kreideformation auf der Karte der Alpen auf einige schmale Zonen von Rudisten und Orbitolithen beschränkt. Gegenwärtig ist der grösste Theil der Stufen repräsentirt, aus denen die Kreideformation besteht. Ihre allgemeine Vertheilung und Verbreitung ist ungefähr dieselbe, wie die des mittleren Oolits. Es sind besonders die westlichen und centralen Alpen, wo die hauptsächlichsten Ablagerungen dieser Formation sich finden. Die Ostalpen sind in dieser Beziehung weniger begünstigt.

Die Neocomien-Stufe, welche man vor 30 Jahren noch nicht kannte, erscheint gegenwärtig als die ansehnlichste und mächtigste der ganzen Reihe. Sehr verbreitet in der Provence, setzen sich die neocomischen Gebilde nach NO längs des äusseren Abhanges der Westalpen fort, wo sie die Grande Chartreuse bilden, dringen dann nach Savoyen vor, umgeben die Seen von Bourget und Annecy und theilen sich dann in zwei Zonen, von denen die eine der Jurakette, die andere den Alpen angehört. Diese letztere, indem sie sich nach O. verlängert, setzt bei Cluse über die Arve, bildet dann die äussere Bekleidung des Buet und der Dent du Midi, überspringt die Rhone bei St. Maurice, erreicht die Gemmi, indem sie längs dem Oldenhorn und Wildhorn hinläuft, um dann dem oberen Lauf der Kander zu folgen, bildet den Beatenberg am Thuner See, den grössten Theil des Faulhorns, setzt sich über den Briener Grat in die kleinen Canzone fort, umfasst zum grossen Theil den Vierwaldstädter See, wo sie den Pilatus, die Hochfluh, die Mythen bildet, gelangt dann zum Wallenstädter See, nachdem sie sich vorher bis zum Gipfel des Glärnisch erhoben hat, und indem sie sich bei Wesen theilt, bildet sie einestheils die Ketten der Churfürsten, andernteils die des Sentis, welche letztere Verzweigung sich selbst über den Rhein nach Vorarlberg bis zur Iller fortsetzt. Der Grunten ist ebenfalls daraus gebildet. Endlich hat Herr Gümbel zahlreiche neocomische Lappen längs den bairischen Alpen, sowie in Tyrol nahe an den Quellen des Achen auf der linken Seite des Inn nachgewiesen

Ein so mächtiges Schichtensystem, wie das Neocomische kann nicht wohl eine homogene Gruppe bilden. Man unterscheidet darin in der That mehrere Unterabtheilungen, deren jede den Rang einer besonderen Stufe verdient. Es sind diess:

1. Der Valangien, die unterste Stufe, deren Typus sich in dem Neuenburger Jura findet, den man aber unter der Form eines harten kieseligen Kalkes an verschiedenen Punkten der Alpen, unter anderen

am Glärnisch, am Sentis und am Vierwaldstädter See wiedergefunden hat.

2. Eigentlicher Neocomien oder Spatangenkalk. Die alpine Form gleicht durchaus nicht dem Neocomien des Jura. Es ist ein schwarzer, schiefriger Kalk, mit kieseligem Beimengung, welche ihn oft sehr hart macht. Die Felsart ist im Allgemeinen nicht sehr reich an Fossilien. Einige Oertlichkeiten jedoch machen hiervon eine Ausnahme, unter anderen die von Ricki und Rofaien oberhalb des Axenberges, einige Punkte im oberen Sihlthal sowie am Sentis. Die bezeichnenden Fossilien sind wie im Jura *Toxaster (Spatangus) complanatus*, *Exogyra Couloni*, *Ostrea macroptera*.

3. Criocerenkalk. Diese Form des Neocomien, welche dem eigentlichen Jura völlig fremd ist, dagegen aber eine grosse Rolle in der Provence spielt, findet sich in verschiedenen Theilen der Alpen, unter anderen bei Chatel St. Denis und in der Stockhornkette, in welcher sie einige der höchsten Gipfel bildet, wie den Bürglen, den Gantrisch, den Neuenen. Es ist ein kompakter Kalk mit muscheligem Bruch, hellgrau, schwarz gefleckt. Er enthält, ausser mehreren Ammoniten und Belemmiten, Crioceren und Ancyloceren von denselben Arten wie die von Escragnolles und Castellane in der Provence. Derselbe Criocerenkalk findet sich auch an den Voirons und im Justithal am Thuner See. Goquand hat ihn ganz neuerlich zu einer besondern Stufe als Barémien erhoben.

4. Urgonien, Caprotinenkalk, Schrattenkalk, Rudistenkalk. Es ist dies kompakter, sehr harter Kalk, gewöhnlich viel heller gefärbt als der gewöhnliche neocomische Kalk, meist sehr trocken, welcher Zonen bildet, die sich von weitem durch die helle Färbung ihrer steilen Berge und Wände auszeichnen, wie z. B. am Abendberg bei Interlaken und an den Abhängen des Hohgant. Wenn er sich auf Gipfeln findet, so folgt das atmosphärische Wasser seinen Spalten und schneidet gewundene Furchen ein, die man im Entlibuch mit dem Namen Schratten belegt, daher der Name Schrattenkalk, den ihm die Schweizer Geologen geben. Grosse Räume, ganze Hochflächen sind zuweilen durch diese Thätigkeit der atmosphärischen Niederschläge wüst und unfruchtbar geworden, wie dies die Silbernen südlich vom Pragerl bezeugen. Die bezeichnendsten Versteinerungen sind *Caprotina ammonia*, *Radiolithus neocomiensis*, *Pygaulus Demoulinii*. Er enthält auch Zonen, die mit Orbitoliten erfüllt sind, welche vortreffliche Führer für den Gebirgsforscher abgeben. Es ist absichtlich hier der Aptien übergegangen, weil er sich in den Alpen vom Urgonien nicht trennen lässt,

Beide zusammen bilden den Schrattenkalk. Anderwärts sind die beiden Gebilde manchmal scharf getrennt, so z. B. im Jura und in der Provence. In diesem Falle sind die Orbitoliten auf den Aptien beschränkt. Zuweilen schaltet sich sogar noch eine besondere Gruppe von Kalksteinen und Mergeln zwischen dieselben ein, so z. B. an der Perte du Rhone, wo man sie als Rhodanien oder unteres Aptien bezeichnet hat.

5. Gault. Diese Stufe wurde in den Alpen zuerst durch Al. Brongniart angegeben, welcher nachwies, dass die Versteinerungen des Berges Fiz in Savoyen, dieselben seien wie die bei der Perte du Rhone. Man hat den Gault seitdem an vielen andern Orten aufgefunden: am Vierwaldstädter See, am Lowerzer-See, am Pragel, oberhalb Yberg, an den Churfürsten und am Calanda. Man findet ihn wieder am Sentis, von wo er durch Vorarlberg bis in die bairischen Alpen streicht. Er erscheint in der Regel in Gestalt eines grünlichen, ins Schwarze übergehenden Sandsteins. Er hat nur eine geringe Mächtigkeit und da seine Festigkeit nicht gross ist, so nimmt er nie eine sehr hervorragende Stellung in den Gebirgen ein. Dagegen ist es selten, dass er keine Fossilien enthielte und da diese sehr charakteristisch sind, so suchen ihn die Geologen mit ganz besonderer Sorgfalt auf. Er ist einer der besten Horizonte in den Kalkalpen. Wir verweisen auf die Handbücher der Geologie in Bezug auf die Versteinerungen, welche er enthält. Die reichsten Fundorte sind Reposoir, Saxonet und Bossentan in Savoyen, die Meglisalp und Seealp am Sentis.

6. Turonien. Herr Gümbel zieht zu dieser Stufe die Schichten der Gosau, sowie mehrere Kalklappen in den bairischen Alpen, welche er für gleichwerthig mit dem sächsischen Pläner hält: so an den Quellen der Ammer, an den Ufern des Kochelsee's und selbst auf der linken Seite des Innthals gegenüber von dessen Vereinigung mit dem Zillerthal.

7. Seewerkalk oder Sénonien*). Der Gault ist auf verschiedenen Punkten der Alpen überlagert von einer mächtigen Stufe eines kompakten, deutlich geschichteten Kalkes von muscheligen Bruch, gewöhnlich dunkelgrauer Farbe, zuweilen bituminös, welcher keineswegs der gewöhnlichen Schreibkreide gleicht und welcher dennoch ihr Aequivalent ist, denn seine Fossilien sind dieselben. Man findet darin unter

*) Die Mergelkreide oder der obere Grünsand ist noch nicht in den Alpen nachgewiesen worden.

anderen *Ananchites ovata*, die charakteristischste aller Versteinerungen der weissen Kreide. Diese Felsart erreicht ihre grösste Entwicklung auf der Rückseite der Churfürsten und in den Alpen von Appenzell, wo sie die wohl bekannten Gipfel des Kamor 1758^m, des Hohenkasten 1768^m, des Sentis 2504^m und die Ebenalp bildet. Man kann sie von da nach Vorarlberg verfolgen bis zu dem Thale der Iller, indem sie regelmässig den Gault bedeckt. Man findet sie in derselben Lage in Savoyen wieder, insbesondere an der Alp von Sales, am Fusse des Berges von Fiz.

Kreide am Südfuss der Alpen.

Die Kreideformation fehlt nicht am Südfusse der Alpen, aber sie zeigt sich daselbst mit eigenthümlichen Charakteren, welche ihre Identificirung zum Theil sehr erschweren.

Es kommt im Venetianischen über dem Oxfordkalk ein kompakter, weisser Kalk mit muscheligen Bruch vor, den man dort zu Lande unter dem Namen *Biancone* kennt und welcher, den Versteinerungen nach, wohl das Aequivalent des Criocerenkalkes sein könnte. Nach Herrn v. Mortillet lässt sich dieser Kalk durch Süd-Tyrol bis in die Lombardei verfolgen, aber jenseits des Gardasee's wechselt er seinen Namen *Biancone* mit „*Majolica*.“ Die Italienischen Geologen sind durchaus nicht einig über die Bedeutung und Stellung dieser Gruppe. Nach Herrn v. Hauer kann ein Theil derselben als jurassisch betrachtet werden, der grössere Theil aber ist zur Kreide zu ziehen. Nach Herrn Omboni begreift die *Majolica* des Iseo-See's verschiedene weissliche neocomische Kalke und einen weissen Kalk mit einem Gemenge von neocomischen und jurassischen Versteinerungen. Es ist demnach dort ein sehr weites Feld zu untersuchen.

Der Gault kommt nach Herrn v. Mortillet im Venetianischen vor; da aber seine Schichten ungefähr dieselbe Zusammensetzung und Beschaffenheit haben, wie die des untergelagerten Neocomien, so hat man einige Schwierigkeiten ihn zu erkennen. Er ist von Massalongo im Veronesischen unter der Form von weissen Kalkmergeln erkannt worden. Es ist möglich, dass er in dieser Gestalt auch in der Lombardei existirt, namentlich bei Sarnico und am Iseosee.

Die gelbe Kreide oder Turonien scheint ebenso wenig auf der italienischen Seite zu fehlen. Herr v. Mortillet bezeichnet an mehreren Punkten von Venetien, besonders an dem See von Santa Croce, verschiedene Arten von Hippuriten und Radioliten, welche nur dieser

Stufe angehören können. Er findet denselben Horizont wieder im Bellnesischen, in Friaul, und, in Form eines schwärzlichen Conglomerats, bei Sirone in der Brianza, sowie in der Provinz Bergamo zwischen Gorlago und Sarnico.

Was die weisse Kreide (Sénonien) betrifft, so ist es schon lange her, dass man sie im Venetianischen kennt und zwar in der Form eines mergeligen Kalkes, der von mattem Weiss in Ziegelroth übergeht, die Scaglia der Italiener. Anderwärts erscheint dieser Horizont mit charakteristischen Versteinerungen und einem etwas verschiedenen Aussehen. Dahin gehören auch in der Brianza, nach den Herrn Villa, Kalksandsteine oder auch schiefrige Mergel, welche mehr oder weniger die Form des Flysch annehmen. Bei Bardello, am Vareser See, sind es schiefrige Kalke, mit einer Unzahl von Fucoiden angefüllt, ganz denjenigen des Flysches ähnlich, aber ihrerseits wieder von Ammoniten führenden Kalken überdeckt.

Reihe des Tertiärlandes.

Eocenformation.

Die Eocenformation ist in den Alpen aus zwei mächtigen Stufen zusammengesetzt, nämlich aus dem Nummulitengebirge und dem Flysch oder Macigno. Obgleich in Zusammensetzung und Aussehen sehr verschieden, sind die beiden Gruppen nichtsdestoweniger eng mit einander verbunden, denn sie begleiten sich nicht allein an sehr vielen Punkten, sondern es gibt auch viele Orte, wo man die Nummulitenschichten in Macigno übergehen sieht, so an den Voirons bei Genf und am Gurnigel.

1. Nummulitengebirge. Bald besteht es aus einem grauen, ziemlich harten Kalk, welcher ganz mit Nummuliten angefüllt ist, was ihm oft ein sehr entschieden spathiges Aussehen gibt (Bad Pfäfers); bald ist es ein grünlicher Sandstein oder ein rostfarbiger Schiefer, welcher eine grosse Menge Terebrateln und zahlreiche Echiniten einschliesst, besonders im Sihlthal, südlich von Einsiedeln. Das Eisen findet sich darin manchmal in hinreichender Menge, um die Ausbeutung zu lohnen; so unter anderen in der berühmten Lokalität von Kressenberg in Baiern. Ein breiter Lappen dieser Gebirgsart erscheint am Ufer der Durance und bildet auf ziemlich ansehnliche Erstreckung hin, die östliche Bekleidung der Centralmasse von Oisans. Es erscheint derselbe nachher wieder in Savoyen, wo er bei Annecy Kohlenbänke enthält. Dieselben Schichten setzen sich auf der Rückseite der Dent du Midi fort, wo sie sich zu grosser Höhe erheben. Sie bilden auch die Spitzen der Dent

de Morcles und des Moeveran. Die Diablerets sind seit lange bekannt durch ihre zahlreichen Versteinerungen, welche dieser Stufe angehören und die man in Menge auf dem Pas de Cheville sammelt. Die Höhenpunkte der breiten Kette, welche die Pässe von Sanetsch 2246^m, Rawyl 2421^m und Gemmi 2302^m durchsetzen, sind wesentlich aus Nummulitenkalk gebildet; das Oldenhorn 3124^m gehört aller Wahrscheinlichkeit nach auch dahin.

Dieselbe Zone verlängert sich, indem sie der Kander folgt, bis zum Thuner See, um sich dann weiter bis zum Vierwaldstädter See fortzusetzen. Eine ungefähr parallele Zone, von der vorhergehenden durch die Masse des Faulhorns getrennt, bildet die Gipfel an den Pässen der Wengernalp und Scheideck und erstreckt sich bis nach Rosenlauri. Es ist dies dieselbe Zone, welche nachher bei Altorf wieder erscheint, sich durch das Schächenthal und durch das Thal der Linth nach den Bädern von Pfäfers verlängert, indem sie im Vorbeigehen die Bekleidung der Clariden und des Bieferten bildet und die Höhenpunkte fast aller Pässe einnimmt, die aus Glarus nach Bünden führen: Kistenpass 2761^m, Panixer Pass 2420^m, Segnespass 2521^m. Allein ihre grösste Entwicklung erlangt diese Formation im Canton Schwyz. Die Felsart zeigt hier ein etwas verschiedenes Ansehen. Statt aus Kalk, besteht sie fast ganz aus grünem Sandstein, den man mit Gault verwechseln könnte, wenn die Versteinerungen nicht wären. Die Umgebungen von Yberg sind besonders reich an Versteinerungen, welche schon Schenckler bekannt waren.

Eine Zone von Nummulitenkalk bildet endlich gleichsam die Einrahmung des Sentis auf beiden Seiten des Gebirgsstocks, jedoch ohne in das Innere einzudringen. Die Föhnern im Canton Appenzell sind ebenfalls bekannt als Fundorte von Versteinerungen. Die Formation scheint sich nicht jenseits des Rheins fortzusetzen, obgleich der Flysch im Vorarlberg sehr stark ausgebildet ist. Dagegen sieht man die Nummuliten an verschiedenen Stellen der Steyrischen Alpen wieder erscheinen, sowohl in Kalk- wie in Sandsteinen, welche letztere auffallend dem Wiener Sandstein gleichen.

Was den südlichen Abhang der Alpen betrifft, so sind daselbst die Nummulitenbildungen nicht nur nicht fremd, sondern sie sind auch eine der am besten bekannten Felsarten. Schon seit langer Zeit sammelt und schätzt man die nummulitischen Muscheln von Ronca und Castel-Gomberto, die Crustaceen und Echiniten der Umgegend von Schio und besonders die berühmten Fische von Monte Bolca.

Dieselben Schichten finden sich wieder am Gardasee zwischen

Desenzano und Salò; sie erscheinen aufs Neue am Iseosee und setzen sich nördlich von Mailand fort bis zum See von Varenna, nicht weit von dem Ende des Lago Maggiore.

Nach Herrn v. Zigno kommt ausserdem im Venetianischen zwischen den Schichten der Scaglia und den Bänken der Nummulitenbildungen, eine Bank von grauem Kalk vor, welche nach oben in reinen kalkhaltigen Sandstein übergeht, der Nummuliten enthält und welche wohl das Aequivalent des sogenannten unteren Flysch sein könnte wie solcher im Canton Schwyz vorkommt. Herr v. Mortillet giebt darin Crinoidenglieder an, deren Aussehen an diejenigen der Kreide erinnert, mit Nummuliten gemischt.

2. Flysch oder Macigno.

Dies ist das sonderbarste aller Sedimentgesteine der Alpen. Ohne Analogon im Jura, in den Vogesen, in Böhmen, erlangt es eine ausserordentliche Ausdehnung in der Alpenkette. Seine Mächtigkeit erreicht mehrere 1000' und was mit Ausnahme einiger spezieller Vorkommnisse das Merkwürdigste ist, es enthält keine Reste von Thieren. Die einzigen Versteinerungen, die man darin antrifft und die oft sehr häufig erscheinen, sind die Fucus, und dennoch scheint die Structur der Felsart Bedingungen von Ruhe und Stille während ihrer Ablagerung anzudeuten, welche dem thierischen Leben sonst günstig sind.

Die gewöhnliche Form des Flysch ist ein grauer Schiefer von feinem Korn, wenig fest und daher leicht zerfallend, so dass darauf die Vegetation leichter festen Fuss fasst als anderswo. In der That kann man an, wenn man in den westlichen Schweizeralpen steile Wände mit Pflanzenwuchs und Weiden bedeckt sieht, fast gewiss sein, dass das Gestein Flysch ist. In diesem Falle ist gewöhnlich der Fuss der Abhänge mit unendlichen Schutthalden umlagert. Das Greizer Land verdankt dem Flysch die Trefflichkeit seiner Weiden.

Sehr oft indess erlangt dieser Schiefer eine ansehnliche Härte, so dass er als Dachschiefer benutzt werden kann, wie z. B. in Savoyen, am Niesen, bei Pfäfers und besonders bei Glarus, wo sich die berühmten Fischechiefer finden. Anderwärts erscheint der Flysch unter der Form eines sehr feinkörnigen Sandsteins, dunkelgrün mit grauen oder hellgrünen Flecken bezeichnet. Es ist dies der Sandstein von Taviglianaz, so genannt nach einer Alp dieses Namens, welche auf dem Wege von Bex nach Azeindaz in den Wadtländer Alpen liegt.

Der Sandstein von Ralligen, am Ufer des Thuner Sees, scheint ebenfalls hier seinen Platz finden zu müssen. Dies wäre denn ein

im süßen Wasser gebildetes Aequivalent. Es ist ein ziemlich fester grünlicher oder röthlicher Sandstein, der sich vom Genfer See bis nach Ralligen ausdehnt, wo er Blätterabdrücke enthält, welche an die Flora von Sozka in Steiermark erinnern.

Ungeachtet dieser sehr verschiedenen petrographischen und paläontologischen Charaktere ist dennoch der Flysch mit dem Nummulitenkalk auf's Engste verbunden und die Uebergänge von einer der beiden Hauptformen zur andern sind nicht eben selten. Er findet sich mit dem Nummulitengestein in denselben Mulden, auf denselben Kuppen und Jochen des Gebirges; da er aber die höher gelegene Felsart ist, so folgt daraus, dass er sich meist über grössere Flächen ausbreitet.

Die meiste Abwechslung zeigt der Flysch zwischen Rhein und Aar. Herr Studer bezeichnet hier sechs verschiedene Zonen, wovon die hauptsächlichsten sind:

a. Die äussere Zone, welche man als eine Fortsetzung der Voirons ansehen kann. Sie bekleidet die östliche Seite des Moléson, bildet die grünen Gehänge der Bera 1722^m und des Gurnigel 1548^m. Es ist ein feinkörniger Sandstein, den man zuweilen unter dem Namen Gurnigelsandstein unterscheidet und welcher eine grosse Menge von *Chondrites intricatus* und *Ch. Targioni* einschliesst,

b. Die Zone von Simmenthal. Sie durchschneidet das Pays d'Enhaut bei Rougemont, erhebt sich zu 2057^m am Hundsrücken und nimmt sodann das Simmenthal ein. Es ist ein Sandschiefer, welcher bei Sapey, auf beiden Seiten der Grande Eau, eine der seltsamsten alpinen Felsarten enthält, ein Conglomerat eckiger Blöcke von Protogin, Gneiss, Glimmerschiefer, Quartz, welche wie in einer cyclopischen Mauer aufeinander gehäuft sind, ohne dass der Flysch ein deutliches Bindemittel bildet,

c. Die Zone des Niesen. Der Flysch erreicht nirgends in den Alpen eine grössere Mächtigkeit; er erhebt sich im Niesen zu 2365^m. Das Felsgebände ist an der Basis aus schwarzem Schiefer gebildet, auf dem Gipfel aus Kalkbreccien und aus einem Sandstein, den man mit dem Namen Niesensandstein bezeichnet hat. Man findet darin gewöhnlich Fucoiden und man kann jetzt wohl nicht mehr daran zweifeln, dass dieser Sandstein zum Flysch gehört, obgleich seine vereinzelte Stellung und sein plötzliches Verschwinden am Thuner See noch Räthsel sind; denn es findet sich keine Spur von Niesensandstein auf dem östlichen Ufer dieses Sees vor.

d. Die Zone der Diablerets. Sie enthält schwarze Schiefer mit Kalk und Sandstein wechselnd, welche der Nummulitenkalk an den

Diablerets, am Sanetsch, Strubel und in den Bergen des Kander- und Kienthals bedecken.

Der Flysch von Habkern verdient eine besondere Erwähnung wegen der ungeheuren Granitblöcke die er einschliesst und welche Veranlassung zu verschiedenen Streitigkeiten gegeben haben. Diese vollkommen abgerundeten Blöcke sind aus einem Granit gebildet, der den Alpen ganz fremd ist, weshalb man sie nicht wohl als erratische Blöcke betrachten kann. Ihr Ursprung ist noch ein Räthsel.

Der Flysch von Glarus ist mit Recht berühmt wegen der Fischabdrücke, welche die Dachschiefer dieser Gegend enthalten. Lange ist man über das Alter dieser Schiefer in Ungewissheit gewesen. Jetzt, wo wir die genauen Beziehungen kennen, in welchen sie mit dem Numulitenkalken stehen, erlaubt dieser Umstand, verbunden mit dem Charakter der Fische selbst, keinen Zweifel mehr daran, dass wir es hier mit einer Localform des Flysches zu thun haben. Das Vorkommen aber von Fischen, deren grösster Theil dem fleischfressenden Typus angehört, führt ausserdem zur Vermuthung, dass das Meer, worin der Flysch entstand, auch noch andere Thiere beherbergen musste, welche diesen Fischen zur Nahrung dienten.

Am Sentis bildet der Flysch nur eine ziemlich schmale Zone, welche die Kalkmassen umgiebt. Am östlichen Ende des Gebirgsstockes findet sich die Stelle, welche Fährnern heisst und die an Fucoiden reichsten Lager enthält. Dieselbe Zone setzt auf die rechte Rheinseite über, wo sie die Gebirgsmasse von Vorarlberg umlagert. Der Flysch scheint sich hier unmittelbar an die zur Kreideformation gehörigen Gesteine anzulehnen, da der Nummulitenkalk fehlt. Die zwei Zonen, welche gürtelartig Vorarlberg umziehen, vereinigen sich am Ende seiner Gebirge an den Ufern der Iller, um sich nachher östlich als äussere Bekleidung der Bairischen, Salzburger und Adompter Alpen und weiterhin unter dem Namen Wiener Sandstein bis an's Ende der Alpenkette fortzusetzen.

Miocene-Gebilde.

Unter dem Namen Molasse begreift diese Formation Ablagerungen des Meeres sowohl, als des süssen Wassers. Sie nimmt die ganze ebene Schweiz zwischen den Alpen und dem Jura ein, bildet die Grundlage des bairischen Plateaus und dehnt sich, indem sie sich immer mehr zusammenzieht, bis nach Wien aus. Sie breitet sich eben so um das östliche Ende der Alpenkette aus, indem sie die Ebene von Graz bildet zwischen dem letzten Vorwerk der Kärnthner Alpen und

den Bergen von Warasdin; auch der Leithakalk ist einer ihrer Formen. Sie erscheint dann wieder mit etwas verändertem Charakter auf der Südseite der Alpen, wie im Venetianischen, wo sie noch Nummuliten enthält, weshalb sie dort von einigen Schriftstellern mit dem Namen Oligocen bezeichnet worden ist.

Der piemontesische Abhang entbehrt ganz und gar der Miocengebilde, und um sie zu finden muss man sie in der Mitte der Ebene des Po aufsuchen.

Nirgends, mit Ausnahme einiger Thäler am östlichen Ende der Alpenkette (Murthal und Lavant) dringt diese Formation in das Innere der Alpen vor.

Diese Thatsache ist wichtig für die Geschichte des Alpenlandes, weil sie uns lehrt, dass der ganze Raum, welchen jetzt die Alpen einnehmen, festes Land gewesen ist, während das miocene Meer die Molasse absetzte. Es ist dies gewissermaassen eine Wiederholung dessen, was vorher im Jura der nördlichen Schweiz und dem mittleren Deutschland während der eocenen Periode vorgegangen war, in welcher alle diese Gegenden aus dem Wasser hervorgetreten waren, während der Boden, wo jetzt die Alpen und Apenninen sich erheben, noch durch das weite Flyschmeer bedeckt war. Eine grosse, schwankende Bewegung, ähnlich der der Waage, in langen Zeiträumen sich hebend und senkend, scheint der Erhebung der Alpen vorausgegangen zu sein.

Ogleich nun die Molasse an der äusseren Zone gelagert war, hat sie nicht weniger an dieser Bewegung Theil genommen. Ihre Schichten sind nicht allein gehoben, gebogen, verdreht, sondern es sind sogar ganze Berge umgeworfen und gewissermassen das Unterste zu oberst gekehrt worden; so unter andern der Rigi. Denn nur so kann man sich erklären, wie, z. B. bei Rigi-Scheideck, Eocen- und Kreideschichten auf miocenem Conglomerat, der sogenannten Nagelfluhe liegen. Dieselben Lagerungsverhältnisse sieht man am Speer und an vielen anderen Punkten der Alpen.

Aber nicht blos nach Osten hin setzt sich die Molasse der ebenen Schweiz fort, sondern sie begleitet auch, freilich mit einigen Unterbrechungen, den Fuss der westlichen Alpen, indem sie vorzugsweise dem Rhonethal folgt; besonders entwickelt ist sie da, wo dieses sich meerbusenartig gegen das Mittelmeer öffnet. Sie liegt dort auf Kreide- und Jurabildungen, welche als Vorwerke der Alpen von der einen und der Cevennen von der andern Seite sich gegen die Ebene hinabstrecken. Es hat die Molasse Südfrankreichs indess einen etwas verschiedenen Character, denn es herrschen in ihr die Kalkbildungen vor, welche

sich durch einen ungemeinen Reichthum an Versteinerungen auszeichnen. Die Basis besteht aus Süsswasserbildungen, Sandsteinen, Conglomeraten und Kalk, auf welche dann die weit mächtigere Meeresmolassé folgt, die ihrerseits jedoch nur lappenweise von jüngeren Bildungen bedeckt ist.

Die Pliocenbildungen fehlen auf der Nordseite der Alpen vollständig. Nicht ganz eben so ist es auf dem entgegengesetzten Abhang. Ausser dem Hügel von Asti, welcher als ein typisches Vorkommen derselben bezeichnet werden kann, gibt man noch mehrere Lappen derselben Formation an dem Rand der lombardischen Ebenen zwischen dem Lago Maggiore und der Umgebung von Ivrea an. Wenn dieselbe nicht mehr als zusammenhängende Zone erscheint, so kommt dies daher, dass sie sehr leicht zerstörbar und ganz oberflächlich war und daher mehr als jede andere durch solche Einflüsse leiden musste, welche den Boden zerstören und entblössen. Es wäre wichtig, mit Sicherheit zu wissen, ob, wie man behauptet, die Schichten dieser Gebirgsstufe unveränderlich horizontal sind; denn dies würde voraussetzen, dass das pliocene Meer noch nach der letzten grossen Erhebung der Alpen deren Südfuss bespült und dass es sich dann erst nach und nach zurückgezogen habe.

Uebersicht des südlichen Abhanges der Alpen.

Die geschichteten Gesteine der südlichen Seite der Alpen sind auf ganz andere Weise vertheilt, als die der nördlichen Gehänge. Anstatt eine zusammenhängende Bekleidung darzustellen, sehen wir sie am östlichen Ende der Kette eine sehr breite Zone bilden, welche sich nach und nach gegen Westen hin auf einen immer schmäleren Raum zusammenzieht, um endlich an den Ufern des Tessin ganz zu verschwinden. Die Centralmassen der Grajischen und Cottischen Alpen, welche die Ebene des Po westlich begrenzen, sind ganz davon entblösset; sie erscheinen erst wieder an den Seiten der See- und Ligurischen Alpen.

Bis in die neuesten Zeiten waren die Lagerungsverhältnisse der Sedimentgesteine am Südfuss der Alpen nur sehr unvollkommen bekannt. Das Dunkel, welches sie bedeckte, fängt jedoch an, sich vor der Leuchte der geologischen Reichsanstalt zu zerstreuen, welche der Wissenschaft schon ausgezeichnete Dienste geleistet hat und ferner zu leisten verspricht. Die Schwierigkeiten, welche sich hier der Identification der Formationen entgegenstellen, sind nicht geringer als auf dem entgegengesetzten nördlichen Abhange. Die Schichten sind hier nicht weniger verworren, und was deren Studium noch mehr verwickelt

und erschwert, ist der Umstand, dass der Kalk in weit grösserem Maassstabe in Dolomit verwandelt ist, so dass es oft geradezu unmöglich ist, das Gleichartige herauszufinden, weil der Bau der Felsart vollständig verändert ist und weil die Versteinerungen in diesen grossen, so umgewandelten Felsmassen fast gänzlich fehlen.

Die Sedimentgesteine erlangen eine sehr ansehnliche Entwicklung nördlich von Triest auf dem Plateau des Karst. Sie erheben sich zugleich bis zu sehr ansehnlichen Höhen in den Julischen Alpen und den Karawanka's, von denen erstere ganz aus Kalk gebildet sind. Die Kalkberge, welche die Bekleidung der Carnischen Centralmasse an den Quellen der Piave bilden, sind kaum weniger ansehnlich. Endlich haben wir schon der Dolomite des Fassathals im Umkreis der Trientiner Alpen Erwähnung gethan, welche durch die Untersuchung L. v. Buch's berühmt geworden sind.

Der Lauf der Etsch, welcher eine so bedeutsame Grenze in Beziehung auf Orographie ist, bestimmt auch eine Aenderung in der Vertheilung der Felsarten. Die sedimentäre Zone ist plötzlich auf die Hälfte ihrer Breite zusammengeschrumpft. Die Jurassischen und Liasischen Schichten erscheinen westlich von diesem Flusse nur als eine ganz schmale Zone, während die Triasgebilde zu einer vorherrschenden Ausbildung gelangen. Aber wenn auch viel schmaler, ist der Theil der südlichen Gebirgszone, welcher sich diesseits der Etsch findet, nicht weniger interessant. Die Thäler Camonica, Seriana und Brembana sind ebenso viele Durchschnitte, welche senkrecht die Formationsreihe vom Verrucano bis zum Eocengebirge durchschneiden.

III. Beziehungen zwischen Geologie und Orographie.

1. Joche und Pässe.

Wenn die krystallinischen Felsarten nur eine grosse fortlaufende Masse oder auch nur wenige Hauptmassen bildeten, wie man diess anfangs voraussetzte, so würden die Seitengehänge den Charakter einer gewissen Einförmigkeit tragen, welche durchaus nicht vorhanden ist. Da die Centralmassen oder krystallinischen Kerne wie Inseln aus den umgebenden Sedimentgesteinen aufgestiegen sind, so geht daraus hervor, dass diese letzteren, wenn auch verändert und umgestaltet, doch in ihrer Erscheinung verschieden von den krystallinischen Gesteinen sein müssen. Sie halten sich auch gewöhnlich in einer geringeren Höhe, und nur ausnahmsweise kommt es vor, dass sie zu den Höhen emporgetragen worden sind, welche die krystallinischen Gebilde gewöhnlich einnehmen.

Diese Verhältnisse sind von der höchsten Wichtigkeit für das Verständniss der Orographie der Alpen. Denn da jede krystallinische Centralmasse einen länglichen oder ellipsoidischen Kern darstellt, und da der höchste Punkt im Allgemeinen der Mitte der Centralmasse entspricht, so folgt daraus, dass den Zwischenräume zwischen den Ellipsoiden oder Centralmassen die Einsenkungen in der Alpenkette entsprechen müssen. In der That finden sich eben da die zugänglichen Joche und die hauptsächlichsten Pässe der Alpen, welche man überall aufgesucht und benutzt hat, wo nicht etwa der krystallinische Kern selbst durch querlaufende Spaltenthäler eingeschnitten ist. Solche sind unter anderen der Col di Tenda, der Mont Cenis, welcher der Einsenkung zwischen den Cottischen und Grajischen Alpen entspricht, der Col du Bonhomme zwischen dem Mont blanc und den Westalpen, der grösse St. Bernhard, der Luckmanier, der Bernardin, der Splügen, der Bernina Pass, der Stelvio in gewissem Masse, die Reschen-Scheideck und vor Allem der Brenner, welcher die älteste Alpenstrasse ist. Die Pässe der Ostalpen zeigen alle ungefähr dieselben Verhältnisse, besonders diejenigen, welche über die Tauern führen, wie der Pass von Tauris. Weiter östlich senkt sich die Kette hinlänglich, um fast überall Uebergänge zu gestatten:

In der Schweiz gibt es fast nur zwei Pässe, die nicht den Zonen

oder Einsenkungen der Sedimentgesteine folgen. Dies ist der St. Gothard und der Simplon. Man darf aber nicht vergessen, dass die Ursache, warum ersterer gebraucht wird, eigentlich in den zwei Spaltenthälern der Reuss und des Tessin zu suchen ist, welche sich nahe genug liegen, um den Uebergang über das mässig hohe Joch der St. Gothardtsmasse wesentlich zu erleichtern. Der Simplonpass seinerseits überschreitet die krystallinische Centralmasse desselben Namens nahe an deren Ende, da wo sie sehr schmal und schon bedeutend niedriger geworden ist. Sehr bald gelangt er dann in das Thal der Diveria und dann in den grossen Engpass des Val Formazza, welchem nur sehr wenig fehlt, um ein vollkommenes Spaltenthal zu sein.

2. Thäler der Alpen.

Abgesehen von den Zwischenräumen oder Pässen, welche die verschiedenen Centralmassen der Alpenkette trennen, ist letztere auch noch durchfurcht von vielen Einschnitten und Thälern von sehr verschiedenem Charakter, welche alle als Verkehrsstrassen dienen. Man kann sie auf drei Grundformen zurückführen. Es sind dies 1) Querspaltenläufige Zerreibungen, Spaltenthäler (Cluses) oder 2) Längsspaltenläufige (Combes) oder endlich in die Länge fortlaufende Einsenkungen zwischen zwei Centralmassen — Muldenthäler.

1. Querspaltenläufige (Cluses). In orographischer Beziehung machen sich diese bemerklich durch den wilden Gebirgscharakter, welchen sie tragen, und ihre steilen oft sehr genäherten Wände, so dass dadurch der Durchgang häufig sehr erschwert wird. Die Bergwasser sind in ihnen gewöhnlich sehr wild und reissend, bilden auch zahlreiche Wasserfälle. Geologisch sind sie besonders durch die Symmetrie ihrer Seitenwände charakterisirt, welche zu beiden Seiten aus denselben Felsarten zusammengesetzt sind. Das Thal der Reuss von Andermatt bis Flüelen und selbst bis Brunnen ist aus einer Reihe solcher Querspaltenläufiger zusammengesetzt, welche unter sich etwas verschieden sind, je nachdem sie in verschiedene Felsarten eingeschnitten sind. In dem Gebiete der krystallinischen Kernmasse ist die Cluse enger und ihre Wände haben schärfere Umrisse, weil die Felsart eine härtere ist. Sobald es in das Gebiet des Kalkes eintritt, erweitert sich das Thal, behält aber nichts desto weniger seine kennzeichnende Eigenthümlichkeit, welche in der Symmetrie der Thalwände besteht.

Die Querspaltenläufigen sind zahlreicher in den Sedimentgesteinen, als in den krystallinischen, ohne Zweifel weil in ersteren die Felsen weniger Widerstand leisten. Wir führen als Beispiele einige der be-

kanntesten an: das Thal der Arve von les Ouches an; das der Rhone von Martigny an, welches sogar die Enden der krystallinischen Centralmassen des Montblanc und der Aiguilles rouges angreift; das Rheinthal von Chur an, die Via mala, die Rofla, der Bergüner Stein, die Schlucht von Pfäfers, das Thal der Salza bei Rambach, das der unteren Ens und auf der Südseite alle diejenigen Thäler, die gegen den Po ausmünden.

Die krystallinischen Centralmassen sind viel weniger durch solche Querschnitte gefurcht. Ausser dem Thal der Reuss, von welchem oben die Rede war, könnten wir nur wenig andere anführen, als die Querspalte des Tessin, welche die gleichnamige Centralmasse durchschneidet, die des Poschiavino am Bernina und die der Dora Baltea, welche die Centralmasse der Grajischen Alpen durchbricht. Besonders merkwürdig ist aber die Centralmasse der Belledonne in dieser Beziehung. Sie ist durchschnitten von 4 Querspaltenthälern, welche durch ihre wilde und malerische Schönheit mit einander wetteifern; es sind die Schluchten der Romanche, des Arc, der Isère und des Doron. Es ist wohl zu berücksichtigen, dass wir es hier mit einfachen Querspaltenthälern zu thun haben, deren jedes nur eine einzige Centralmasse durchbricht. Unstreitig ist die Kette von Belledonne darum so leicht gespalten worden, weil sie so schmal ist und so vereinzelt liegt. Sobald mehrere Centralmassen in Berührung traten, haben solche Durchbrüche nicht mehr stattfinden können. Desshalb sind die Penninischen Alpen von keiner einzigen grossen Querspalte durchsetzt; auch die Centralmassen der Norischen Alpen sind zu breit, als dass irgend eine Querspalte sie hätte von einer Seite zur andern durchschneiden können.

Es ist von Wichtigkeit, mit den Querspaltenthälern nicht die nur theilweisen Brüche und Einschnitte zu verwechseln, welche auf ihrer einen Seite durch eine Kette begrenzt sind und deren Zahl bei weitem ansehnlicher ist. Da sie ebenfalls die Schichten senkrecht schneiden, so begreift man leicht, dass ihr Aussehen ungefähr dasselbe sein wird. In der That stehen sie weder an Grossartigkeit noch an Schönheit hinter den ächten Querspaltenthälern zurück, welche die Bergstöcke von einer Seite zur andern durchschneiden. Dies bezeugen die Thäler des Ill, des Po, der Aar, Val Formazza, Val Calanca und die Seitenthäler des Wallis. Diese Thäler, welche wir Halbcclusen nennen möchten, erweitern sich oft in ihrem oberen Anfang und geben dadurch Veranlassung zu jenen grossen Amphitheatern oder Kesselthälern (Cirken), welche einen der grossartigsten Züge in der Orographie der Alpen bilden. Wenn ihre Lage hoch genug ist, um den Schnee vor der Schmelzung zu schützen, so werden solche Felsenkessel zu Behältnissen, in denen

sich grosse Gletscher sammeln oder aus welchen dieselben ihre Nahrung ziehen. So der Lauteraar-, Finsteraar- und Aletschgletscher mit ihren Firnen.

2. Längspaltenthäler oder Scheidethäler (Combes). Die Längspaltenthäler und Scheidethäler sind Schluchten von nicht weniger marinerischen Verhältnissen oder weniger scharfen Umrissen als die Clusen, aber anstatt senkrecht auf dem Streifen der Centralmassen zu stehen, laufen sie vielmehr diesem parallel. Es ist selten eine solche Einsenkung in der Mitte krystallinischer Gebirgsmassen zu sehen. Wir kennen davon kein Beispiel; ausgenommen vielleicht im nördlichen Theile des Belledonpasses. Dagegen muss man sie da suchen, wo krystallinische und Sedimentgesteine zusammentreffen, wie z. B. zwischen dem Buét und den Aiguilles Rouges (fig. 5, S. 84). Gewöhnlich dienen sie ziemlich ansehnlichen Flüssen als Betten und nehmen die Wasser aller Schluchten und Halbklusen auf, welche von den Bergstöcken herabkommen. So findet es sich z. B. in dem oberen Thale der Romanche, welchem die Strasse von Briançon nach Grenoble folgt. Manche dieser Thäler sind sehr ansehnlich, so z. B. das Innthal vom Ausgange des Engadin bis Innsbruck, das obere Thal der Salza und das der Drau. Der Hauptcharakter solcher Thäler muss ihrem Bau nach Mangel an Symmetrie sein; gewöhnlich sind auf der einen Seite die krystallinischen, auf der andern die Sedimentgesteine, die sich oft wie ungeheure Mauern und Wälle erheben. Dieselben Erscheinungen zeigen die Schweizer Alpen. Ein Reisender, sagt Herr Studer,*) welcher die Nordgrenze der Finsteraarhornmasse verfolgend, durch das Thal und den Gletscher von Lötsch seinen Weg nähme, um in das Gasteruthal zu kommen, den Tschingelgletscher überschreiten würde, um in den Thalgrund von Lauterbrunnen zu gelangen, dann in die Hochthäler aufsteigen, welche die Jungfrau von dem Silberhorn und den Mönch vom Eiger trennen, dann über den Firm und unteren Gletscher von Grindelwald gehen, den Urbachsattel über den Rosenlaugletscher erklettern, durch das Urbachthal bis Hof hinabsteigen, dann sich wieder aufwärts in's Gadmenthal ziehen, um den Wendengletscher zu überschreiten, dann an dem südlichen Abhange des Titlis seinen Weg in das Reussthal und von diesem in's Maderaner Thal nähme, um die östliche Grenze der krystallinischen Finsteraarhornmasse in der Nähe des Tödi wieder zu gewinnen — dieser Reisende würde auf diesem ganzen Wege fast ohne Unterbrechung zu seiner Linken senkrechte Kalkwände oft von mehreren Tausend Fuss Höhe haben, und

*) Desor, Nouvelles excursions pag. 234

zu seiner Rechten die krystallinische Centralmasse, bald von Firn und Gletschern gekrönt, bald mit Wäldern und Weiden bedeckt und nur selten ungangbare Abhänge darbietend. Hinter dieser ersten Umwallung, welche die krystallinische Centralmasse umgiebt, sieht man oft nach aussen die Spuren einer zweiten und dritten Felsenmauer, deren Schichten dieselbe Neigung zeigen, d. h. dem krystallinischen Kern ihre steilen Wände zuwenden und nach der entgegengesetzten Seite einfallen. So gehören z. B. zu einem solchen äusseren Wall die Abhänge der Gemmi, das Leuker Bad liegt zwischen zwei sedimentären Ketten. — Am östlichen Ende der Montblanc-Masse von Saillon aus gegen Sion zählt man 4 oder 5 parallele Ketten von Kalk und Schiefer, welche alle ihre steilen Wände gegen die krystallinische Centralmasse gekehrt haben, während sie nach Osten eine sanfte Abdachung zeigen.

Die Ostalpen bieten uns ebenfalls mehrere auffallende Beispiele von Comben oder in die Länge verlaufenden Einsenkungen zwischen zwei Formationen oder Gruppen geschichteter Gesteine. Solche sind unter anderen das malerische Gailthal, die Drau in ihrem mittleren Laufe von Villach aus, der obere Lauf der Save, der obere Lauf der Ens, der Inn in seinem mittleren Laufe. Man könnte sie Comben der zweiten Ordnung nennen, indem man den Namen Comben der ersten Ordnung denen vorbehalte, welche zwischen dem krystallinischen Kern und dem ersten Felsenwall ihren Verlauf haben.

3. Muldenthäler. Die Muldenthäler sind das Gegentheil der Comben. Es sind ursprünglich synclinale, d. h. von beiden Seiten gegen die Mitte einfallende oder concave Einsenkungen zwischen zwei (convexen) Gewölben oder zwei krystallinischen Centralmassen eingelagert. In den Alpen sind die Felsschichten dieser Mittelzonen so zusammengedrückt worden, dass es selten ist, eine ganz regelmässig synclinale Mulde zu finden. Die Schichten sind vielmehr gewöhnlich senkrecht oder übergebogen, und nur mit vieler Ausdauer im Beobachten gelangt man endlich dahin, die ursprünglichen Faltungslinien zu ziehen. Dahin gehören: die Mulde von Chamouny, welche die Masse der Aiguilles rouges von der des Montblanc trennt, die Mulde des Urserenthals, die von Val Bedretto zwischen dem St. Gotthard und der Tessiner Centralmasse. Die Mulde von Engadin, obgleich breiter, ist nicht weniger verworfen und verbogen. Ein sehr schönes Beispiel offen gelegter Muldenbildung findet sich an dem Suvretta See im Engadin. Ein Streifen von Sedimentgesteinen, welcher sich zwischen die granitischen Massen des Julier, Piz Ot und Piz Err einschleibt, läuft durch die Val d'Agnelli herauf, wo er sich in zwei Arme spaltet, deren einer sich nördlich nach Val

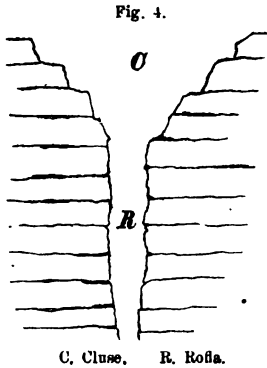
Bevers senkt, der andere östlich sich über Suvretta und Celerina gegen Samaden richtet. Am Suvrettasee ist die schmale Mulde durch ältere Gletscher zerrissen und man sieht hier ihre concave (synclinal) Grundlage, aus Verrucano und Kalk bestehend, in ausgezeichneten Bogenlinien zwischen dem Granit des Piz Munteratsch und des hinteren Piz Suvretta eingeklemmt verlaufen, während das vordere Horn des letzteren noch zur Mulde gehört.

Es herrscht eine grosse Ungleichheit unter den Mulden hinsichtlich ihrer Weite und Tiefe, besonders wenn sie nicht stetig fortlaufend sind. So erhebt sich die Mulde von Urseren, indem sie breiter wird gegen die Furka, dann wird sie wieder sehr tief im Wallis. Sie erhebt sich eben so nach Osten hin am Oberalppass, um sich in Tavetsch fortzusetzen. Und doch ist es dieselbe Zone von grauem Schiefer, welche sich von Graubünden bis Wallis fortsetzt, indem sie bald Veranlassung zur Bildung eines tiefen Thales gibt (Ursern), bald sich in Form eines Passes erhebt (Furka und Oberalp).

Endlich kann es geschehen, dass weder eine synclinal Biegung, noch eine Einsenkung mehr vorhanden ist, überhaupt nichts mehr, was die ursprüngliche Faltung anzeigte. In diesem Falle ist die Mulde in gewisser Weise nur noch eine ideale; und dennoch hat sie für den Geologen denselben Werth, als ob sie eine wirkliche wäre, vorausgesetzt natürlich, dass die vorhandenen Thatsachen ihre ursprüngliche Anwesenheit beweisen.

Wir kennen indess hier eine Schwierigkeit nicht mit Stillschweigen übergehen, die sich manchmal erhebt. Der Theorie nach müssten die Längenthäler eigentlich immer mit dem Streichen der Schichten parallel sein, statt dessen schneiden sie dieselben ziemlich oft in einem spitzen Winkel. Dieser Fall tritt z. B. im Rhonethal nahe bei Saxon ein, sowie auch im Rheinthal. In diesem Fall kann das Thal nicht das Ergebniss der Erosion sein, besonders dann, wenn es, anstatt dem Anstehen der Schiefer und anderer weicher Felsarten der Mulde zu folgen, in die härteren Schichten der Seitenwände einschneidet. Man muss in diesem Falle voraussetzen, dass hier früher eine Spalte oder sonst ein Bruch vorhanden war, welcher diese ausnahmsweise Richtung bestimmt hat.

4. Roflas. Endlich wäre noch eine vierte Art von Thaleinschnitten zu erwähnen, welche, wenn auch andern und spätern Ursprungs als die vorhergehenden, dennoch die Aufmerksamkeit der Reisenden vielfach in Anspruch nimmt, und mit vollem Recht zu den Wundern der Alpenwelt gerechnet wird (fig. 4). Es sind diess jene eigenthümlichen



Schluchten, in welchen die Alpenströme in oft grausenhafter Tiefe toben, wie z. B. an der Via Mala, an der Tamina bei dem Bade Pfäfers und andern mehr. Für den Geologen sind sie hinlänglich gekennzeichnet durch ihre senkrechten Wände, welche zugleich geebnet und geglättet sind, und dadurch die Wirkung des Wassers auf das unzweideutigste beurkunden, während bei den durch die Gebirgsstruktur bedingten Thälern mögen sie auch noch so wild sein, die Wände doch niemals senkrecht sind, sondern immer mehr oder weniger trichterförmig zulaufen. Kommen derartige Schluchten im Grunde von Spaltenthälern vor, wie diess manchmal der Fall ist, so verhalten sie sich zu denselben wie der Stiel eines Trichters zu dessen Wänden. Oft ist aber auch die Schlucht (der Stiel des Trichters) so überwiegend, dass man darüber das eigentliche Thal fast übersieht, wie z. B. an der Via Mala.

◀Solche Schluchten kommen häufig in den östlichen Schweizer Alpen und besonders in Graubünden vor, wo sie mehrfach den romanischen Namen „Rofla“ führen. Ich habe daher, bei Anlass der Versammlung der Schweizerischen Naturforscher in Samaden diesen Namen zur generischen Bezeichnung dieser besonderen Schluchten vorgeschlagen, was auch angenommen wurde. Aehnliche Schluchten kommen ebenfalls in andern Gebirgen vor, so z. B. im Jura, in den Cevennen. Ob denselben immer einer vorherbestehende Falte zu Grunde liegt, ist eine Frage, die weiterer Untersuchungen bedarf*).

Stellung und Vertheilung der Centralmassen in Gruppen oder Erhebungssysteme.

Wenn es auch eine Eigenthümlichkeit der Centralmassen ist, dass sie vereinzelt und unabhängig von einander sind, so kann doch nicht behauptet werden, dass zwischen ihnen keinerlei Verbindung bestehe. Es scheint uns vielmehr am Tage zu liegen, dass ihre Stellung zu einander im Allgemeinen gewissen Gesetzen unterworfen ist, welche man ohne grosse Schwierigkeiten zu erkennen vermag, sobald man nicht unter der Herrschaft vorgefasster Meinungen steht.

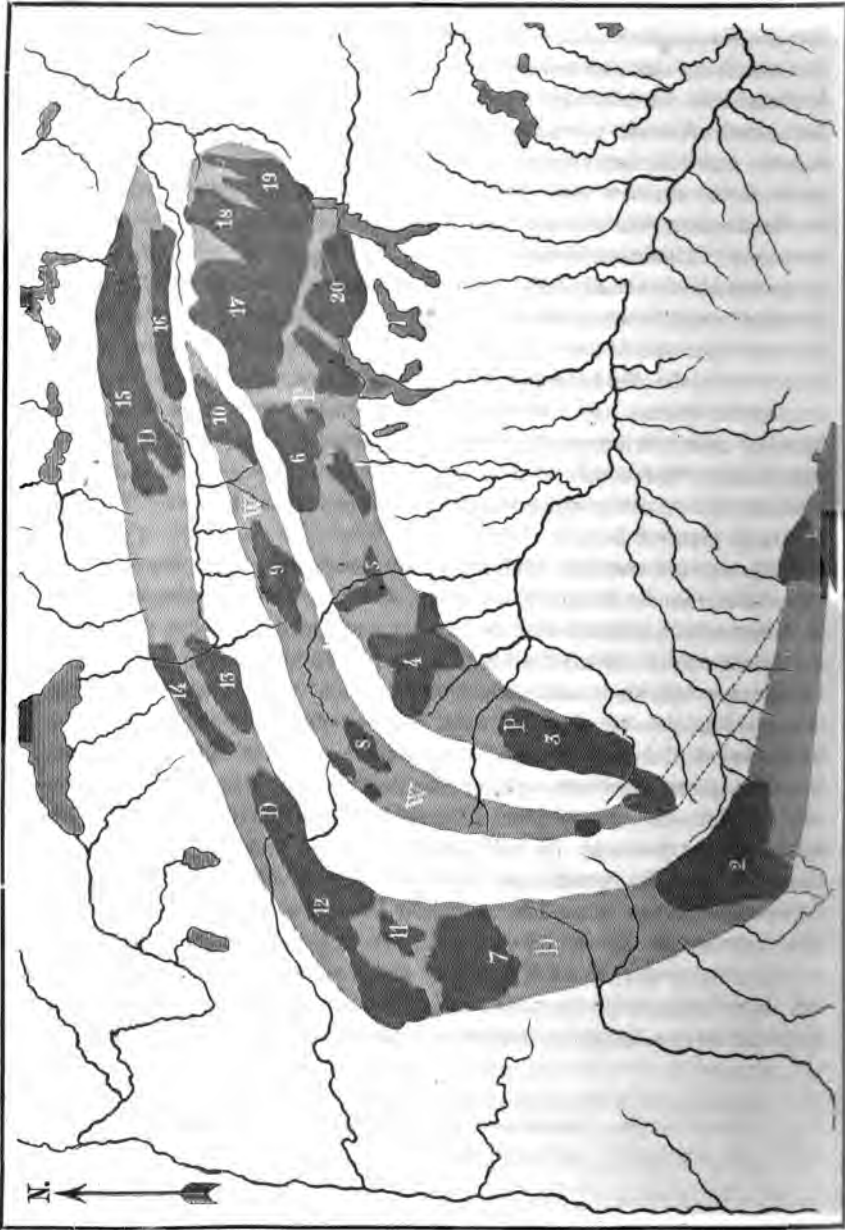
*) Siehe Bulletin de la Soc. geol. de France. 1864.

Eins muss notwendig auffallen, wenn man einen Blick auf die beiliegende Karte wirft. Dies ist der sehr bemerkenswerthe, fortlaufende Zusammenhang der gleichnamigen Sedimentgesteine, im Gegensatz zu der beschränkten Ausdehnung der krystallinischen Centralmassen, welcher Zusammenhang sich bei allen noch so verschiedenen Richtungen des Steigens und Fallens erhält. So z. B. ist es dieselbe Zone von jurassischen Gesteinen, welche von den Berner Alpen herkommend, bei St. Moritz über die Rhone setzt, den Montblanc umlagert, an der Kette von Belledonne herstreicht, und die Tarentaise und Maurienne durchschneidend, bis über den Mont Viso hinaus sich erstreckt, so dass sie eine Curve von einem Viertelskreise beschreibt, ohne dass die Veränderung der Richtung an den hochaufergerichteten Schichten irgend eine wesentliche Veränderung in dem Charakter dieser Felsarten hervorgebracht hätte. Es ist offenbar, dass diese Zone ihre Form und Richtung durch eine einzige Erhebung erhalten hat, welche ihr die Gestalt einer Curve gab, und dass sie nicht die Folge einer Kreuzung mehrerer, in gerader Linie laufender Erhebungen ist, wie man eine Zeit lang glauben konnte.

Fassen wir nun die Stellung dieser weiten Zone zu den benachbarten Centralmassen näher ins Auge, so tritt ihre Bedeutung um so bestimmter hervor. Sie ist es, welche gemeinschaftlich mit den Anthracit- und Triasgebilden die krystallinischen Kerne der beidseitigen Alpenränder auseinander hält und so die Alpen von denen der Dauphiné trennt. Zugleich ist sie aber auch die Vermittlerin zwischen den einzelnen krystallinischen Kernen, welche inselartig aus ihr emporragen. Um nun diese Beziehungen der krystallinischen Massen zu einander und zu den sie umgebenden Flötzgebilden anschaulicher zu machen, haben wir es versucht in beifolgender Skizze (Fig. 5) die einzelnen Centralmassen des westlichen Theils der Alpen nach ihrer Lage und Verwandtschaft zu einander zu verbinden. Es ergeben sich daraus drei gekrümmte Zonen oder Gürtel von krystallinischen Ausbrüchen, welche miteinander ziemlich parallel sind, und als so viele, wahrscheinlich gleichzeitige Wellen der zur Zeit der Alpenhebung empor gestiegenen krystallinischen Massen angesehen werden können*).

*) Die einzelnen Centralmassen sind mit Nummern angegeben, welche denjenigen der geologischen Karte entsprechen.

Fig. 5.



D. Gruppe oder Gürtel der Dauphiné. W. Gruppe von Wallis. P. Gruppe von Piemont.

Wenn es eine Kette giebt, welche vollkommen gut abgegrenzt von dem übrigen Ganzen getrennt werden kann, so ist es gewiss die Kette von Belledonne (12). Auch hat man sie schon früh als getrenntes Ganze betrachtet und in gewisser Beziehung der übrigen Alpenkette unter dem Namen Westalpen entgegengestellt. Dennoch ist es nicht schwer, an diese Kette die Centralmasse der Grandes Rousses (11) anzuknüpfen, welche gewissermassen nur eine seitliche Faltung darstellt, die mit den Westalpen als Anhängsel zusammenhängt. Aber eben diese Masse der Grandes Rousses verknüpft sich wieder innig mit der so scharf hervortretenden und gut charakterisirten Masse des Pelvoux (7). Alle drei zusammen aber können als eine mit einander verbundene, natürliche Gruppe betrachtet werden, vom Standpunkte der Orographie sowohl, als von dem der Mineralogie.

Versetzen wir uns nun an das andere Ende des Kette von Belledonne, so werden wir sehr leicht eine ähnliche Verwandtschaft mit der Centralkette des Montblanc herausfinden. Es besteht diese Verwandtschaft sowohl in der Form und Beschaffenheit der Berge, als auch in einer grossen Aehnlichkeit in der Felsbildung, so dass man naturgemäss zu dem Schlusse kommt, dass die Masse des Montblanc und die von Belledonne zu demselben grossen System gehören. Das hat auch schon Herr E. de Beaumont ausgesprochen, jedoch nur indem er seine Meinung einzig durch die Richtung beider Glieder zu begründen suchte. Wir selbst betrachten sie als Theile desselben Kernes, der in der einen und in der anderen Kette zu Tage tritt, indem er sich unterirdisch unter den Kalk und den Schiefen des Col de Bonhomme durch verbindet. Der Umstand, dass diese zweite Centralmasse nicht einfach sondern aus zwei zwillingsartig verbundenen Kernmassen, Montblanc (13) und Aiguilles rouges (14) zusammengesetzt ist, verursacht keinerlei Schwierigkeit in unserer Ansicht der Dinge. Solche Faltungen sind keine Seltenheit in den Alpen, und man kann nöthigenfalls in der Kette von Belledonne selbst die Anlage dazu finden.*)

Wenn solchergestalt eine Verbindung zwischen der Centralmasse von Belledonne und den beiden andern des Montblanc und der Aiguilles rouges besteht, so ist kein Grund vorhanden, eine solche nicht auch auf die beiden andern Zwillingsmassen des Finsteraarhorns (15) und des St. Gotthard (16) auszudehnen, welche ungefähr in der verlängerten Richtung der beiden vorigen liegen. Es ist wahr, dass das Streichen ihrer

*) Lory, description du Dauphiné. pag. 177.

Schichten etwas mehr östlich ist; auf der andern Seite aber ist eine nicht zu leugnende Aehnlichkeit in Form und Verlauf der Gebirge vorhanden. Dieser Ansicht nach wäre der St. Gotthard das Aequivalent des Montblanc und das Finsteraarhorn das der Aiguilles rouges.

Wir hätten auf diese Weise eine erste Gruppe oder Zone (D), welche wir mit dem Namen „Gruppe der Dauphiné“ bezeichnen und welche aus folgenden Centralmassen zusammengesetzt ist: 1) aus der Centralmasse von Belledonne mit les Rousses; 2) aus den beiden Zwillingmassen Montblanc und Aiguilles rouges; 3) aus den beiden andern Zwillingmassen St. Gotthard und Finsteraarhorn. Diese Centralmassen haben als gemeinsame Charaktere dieselbe Richtung, dieselbe in die Länge gezogene Form und denselben Gebirgsbau.

Eine andere grosse Gruppe von krystallinischen Erhebungen ist diejenige, welche die piemontesische Ebene begrenzt (P) und die wir desshalb den piemontesische Gürtel nennen möchten. Sie beginnt an der Maira mit der Centralmasse der Cottischen Alpen (3), erscheint dann wieder in den Grajischen Alpen (4); welche unstreitig zu derselben Familie gehören, ungeachtet ihres verschiedenen Streichens und obgleich sie von den Cottischen Alpen durch eine mächtige Serpentinmasse getrennt sind. Weiterhin scheinen sich diese Centralmassen mit dem kleinen krystallinischen Kern an der Sesia (5), so wie mit der Centralmasse des Monte Rosa (6) zu verbinden. Diese ist selbst wieder mit der Gruppe der Lepontinischen Alpen innig verbunden, welche die Centralmassen des Tessin (19), des Adula (18) und der Sureta (17) begreift. Es wäre vielleicht Grund vorhanden, diese Zone bis in die Rhätischen Alpen und selbst bis zur Etsch zu verlängern, wenn die grosse Schiefer- und Dolomitzone des Oberhalbsteins, welche sich hier dazwischen schiebt nicht eine sehr bedeutungsvolle Grenze anzeigte, besonders da im Westen dieser Zone die Schichten im Allgemeinen von Süd nach Nord gerichtet sind, das heisst senkrecht auf das allgemeine Streichen der Alpenkette.*) Dieses eigenthümliche Streichen erstreckt sich auf die Centralmasse des Adula und einen Theil der Sureta und des St. Gotthard und bildet einen wichtigen orographischen Charakterzug, den man wohl thut nicht ausser Acht zu lassen. Wir wagen es daher vor der Hand noch nicht den piemontesischen Gürtel über die Sureta hinaus zu verlängern. Er

*) Siehe Studer physikalische Geographie II. p. 282. Nach H. Studer würde diese Richtung des Streichens eine alte kreisförmige Erhebung anzeigen, welche der letzten grossen Erhebung der Alpen vorangegangen wäre. Es würde unstreitig interessant sein, ihre Grenzen genau zu bestimmen.

bildet, so begrenzt, ein Kreissegment von den Cottischen Alpen bis zum Comer See.

Ausser den beiden eben genannten grossen Systemen kann man ein drittes (W) zwischen beiden mitten inne liegendes unterscheiden. In der That ist die grosse metamorphische Zone der Penninischen und Grajischen Alpen nicht ganz ohne krystallinische Kernmassen. Sie enthält -deren mehrere sehr bemerkenswerthe, wenn auch nicht von bedeutender Ausdehnung, doch von grosser orographischer Wichtigkeit; so die Centralmasse von Wallis, Simplon und den Monte Viso. Wenn auch ziemlich entfernt von einander, sind sie doch nicht ohne Verbindung. Die beiden Centralmassen von Wallis (9) und Simplon (10) sind offenbar nahe Verwandte. Weiterhin in ihrer westlichen Verlängerung finden wir zwischen der Kette von Belledonne und den Grajischen Alpen eine andere zu Tage tretende krystallinische Erhebung, welche wir als Masse der Vannoise (8) bezeichnet haben und welche sich wohl südlich an die Gneissberge am Monte Viso und an die Quellen des Maira anschliessen könnte.

Weniger auffallend als die beiden vorhergehenden, hat doch diese Mittelzone eine wesentliche Bedeutung, besonders in ihrem östlichen Theile. Sie verschwindet mit der Centralmasse des Simplon, vor der des St. Gotthard, da wo die beiden grossen äusseren Gürtel sich hinreichend nähern, um keinen Platz für weitere mittlere Erhebungen zwischen sich zu lassen. Das Streichen unserer Mittelzone ist solchergestalt ungefähr parallel mit der äusseren oder Dauphinézone. Wir wollen sie vorläufig als „Gürtel von Wallis“ bezeichnen.

Wir können nicht mit Bestimmtheit sagen, zu welchem dieser drei Gürtel die Masse der Seealpen (2) zu rechnen ist. Nach Herrn Studer wäre sie zum äusseren Gürtel zu ziehen, welcher dann einen fast vollständigen Kreisbogen bilden würde, nämlich von den Ligurischen Alpen (1) über die Seealpen (2), Pelvoux (7), Belledonne (12) und Montblanc bis zum St. Gotthard. Vielleicht auch muss man sie als den gemeinsamen Grundstock oder Stamm betrachten, von welchem die drei obigen Zweige ausgehen, die sich um so weiter von einander entfernen, je mehr sie nach Norden fortschreiten.

Gliederung der Centralmassen in den Rhätischen und östlichen Alpen.

Eine wesentliche Störung erleidet diese in dem westlichen Theile der Alpen sehr klar hervortretende Eintheilung in zwei Seiten- und eine Mittelzone durch die Einschiebung des Adulagebirgs, dessen Streichen,

wie schon oben bemerkt, das Hauptstreichen der Alpen geradezu fast rechtwinkelig kreuzt, indem es von N. nach S. gerichtet ist, während das Hauptstreichen NO.—SW. ist. Diese Störung hat auch auf die zunächst liegenden Gebirge namentlich einen Theil der Sureta und die Oberhalbsteiner Kette ihren Einfluss ausgeübt, so dass sowohl in den krystallinischen als in den Sedimentgesteinen ein Schwanken zwischen beiden Richtungen bemerklich ist. Wenn die Adulakette die ältere Erhebung darstellen sollte, so müssten sich die nachfolgenden Erhebungen um sie herum biegen. Das hat südlich das Tessiner Gebirg wirklich gethan und das nordöstliche Ende der Finsteraarhornmasse sendet seine letzten Ausläufer nördlich, wo sie im Innern von Glarus an den Köpfstöcken ausgehen.

In dem östlichen Theile der Rhätischen Alpen ist folgende Gebirgs-structur zu erkennen.

Nach einer tiefen Einbucht von Sedimentgestein erscheinen die ersten Anfänge der Selvrettamasse in den krystallinischen Felsarten des Plessurgebirgs, namentlich des Parpaner Rothhorns und streichen SW—NO gegen das Flüela-Scalettagebirg, wo die krystallinische Centralmasse zu ihrer vollen Entwicklung gelangt und sich ungefähr in derselben Weise bald als Fächer, bald als gesprengtes Gewölbe, über die Selvretta und den Jamthaler Ferner bis nach Landeck in Tyrol behauptet. Die Gesteine, Gneiss, Hornblendeschiefer und Glimmerschiefer bleiben sich gleich, wie auch das Hauptstreichen. Von dem Bernina ist sie durch die mächtige Kalkmulde des Albula scharf getrennt; die Granite des Julier und Albula gehen an keiner Stelle in sie über, dagegen verbindet sie sich östlich mit dem gleichartig gebauten und zusammengesetzten Oetzthaler Gebirge als dessen weitere Fortsetzung man vielleicht eines Tags die Tauern ansprechen wird.

Die nun folgende Zone (21) könnten wir wohl mit Theobald als die granitische bezeichnen, da granitische Gesteine ihre Hauptmasse bilden. Sie ist aber eben darum kein zusammenhängender Streif, sondern eine Gruppe von vereinzelt Granitmassen, für deren Natur und Beschaffenheit wir kein besseres Wort zur Bezeichnung finden können als den etwas verpönten Ausdruck „Eruptionen“. Diese sind unter einander durch krystallinische Schiefer verbunden und theilweise durch kleine Mulden von Sedimentgestein getrennt. Es fängt diese Zone in unserm Gebiet mit dem Granit von Codera, Bergell und Poschiavo an, kann aber allenfalls mit den Porphyren von Lugano und dem Lago Maggiore in Verbindung gesetzt werden. Sie erlangt ihre grösste Entwicklung im Bernina, Julier, Piz Err, Piz Ot und der Südkette des Albula, worauf sie plötzlich abzurechnen scheint. In der That aber sind ihre letzten

Spuren da zu suchen, wo Selvretta und Oetzthaler sich nähern, denn eine Reihe kleiner Eruptionen von Juliergranit, zu Casanna, Ardez, Tasna, Tarasp, Sins, Remüs, Lischanna, Sesvenna, Piz Lat u. s. w., setzen sie durch das Unterengadin fort, wo sie verschwindet. Südlich setzen wir ihr vorläufig das Thal der Adda als Grenze. Hier stösst sie auch mit der Ortlesmasse zusammen, welche ihrerseits sich östlich an die Granite des Adamello und Castello und vielleicht gar an die Porphyre der Trienter Alpen anschliessen dürfte. Somit würde diese Eruptivzone einen grossen nach Süden geöffneten Bogen beschreiben.

Wollte man nun noch eine dritte, südliche krystallinische Zone annehmen, so wäre sie allenfalls in der langgestreckten Centralmasse der vier Seen südlich von der Val Tellina zu suchen.

Die Gliederung der Norischen Alpen ist in vieler Beziehung besser charakterisirt. Wenn man von der Etsch ausgeht erkennt man darin zwei durchaus geschiedene Systeme, welche von West nach Ost streichen. Das eine begreift die Centralmassen der Tauern (27), des Ankogel (28), Hochgolling (31) und Sömmering (35), das andere, welches von ihm nur durch eine sehr enge Mulde getrennt ist, enthält die Massen der Drau (29), des Gurk (22) und der Kärnthner Alpen (33). Ein drittes System, von dem vorhergehenden durch den Lauf der Gail geschieden, erhebt sich gerade vor dem Grossglockner. Obgleich es nur zwei, verhältnissmässig sehr kleine krystallinische Kernmassen enthält, nämlich an seinem einen Ende die Carnischen Alpen und am andern den Bacherwald, so ist es doch in orographischer Hinsicht sehr scharf hervorgehoben, weil diese beiden Centralmassen durch die Kette der Karavankas und des Terglou verbunden sind.

Beziehungen der Erhebungszonen zu einander.

Nachdem wir die Lage und Gliederung der krystallinischen Centralmassen in allgemeinen Umrissen gezeichnet und dargethan haben dass sie in der That mehrere Systeme oder Gürtel bilden, deren krystallinische Felsarten theils zu Tage gehen, theils unter der Erde hin in Verbindung stehen, bleibt nur noch zu untersuchen, ob gewisse Beziehungen zwischen den verschiedenen Systemen bestehen, und welche diese Beziehungen sind.

Die nächste Vermuthung ist zu Gunsten eines solchen Zusammenhanges, wie er in andern Bergketten zwischen den verschiedenen Faltungen oder parallelen Gräten besteht. Diese Ansicht wird an vielen Punkten durch den Bau der Thalmulden selbst gerechtfertigt, indem die-

selben Sedimentgesteine an den Seiten der beiden, die Mulde einschliessenden Erhebungen aufsteigen; so in dem Thal von Chamouni zwischen den Centralmassen des Montblanc und den Aiguilles rouges, so wie zwischen der Kette der Grandes Rousses und der von Belledonne. Nun würde man nur schwer begreifen können, wie eine so einförmige Aufbiegung hätte statt finden können, wenn die beiden Rücken oder Kernmassen nicht zu gleicher Zeit aufgestiegen wären. Wir schliessen daraus, dass die parallelen Erhebungen gleichzeitig entstanden sind.

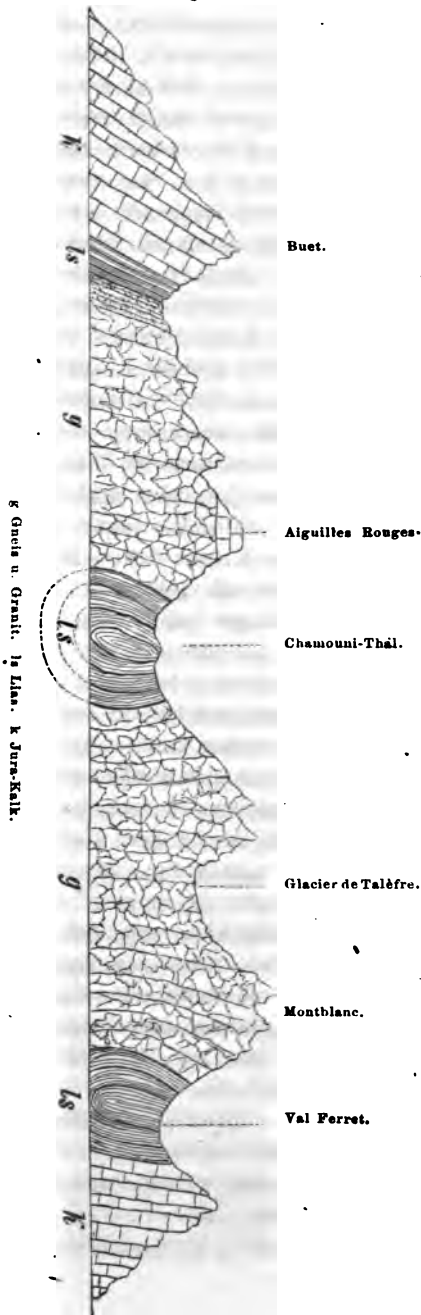
Diese Frage über die Gleichzeitigkeit der krystallinischen Zonen veranlasst aber eine andere, ungleich schwerer zu beantwortende, über welche die Geologen weit entfernt sind, einstimmiger Meinung zu sein, nämlich die, welches der Zustand der betreffenden Erdoberfläche damals gewesen sei, als die Erhebungen stattfanden. Wenn es sich um regelmässige Ketten von geringer Höhe handelt, wie z. B. der Jura, der Harz, die Alleghanis, so kann man annehmen, dass die Schichten, welche an ihren Abhängen anstehen, vor der Erhebung eine zusammenhängende, mehr oder weniger ebene Fläche bildeten, welche zerrissen wurde als die Massen der Tiefe sich erhoben und von unten auf in sie eindrangen oder aus ihr hervorbrachen. Daraus erklärt sich das Zurückweichen der oberen Schichten, während die tieferen sich in die Höhe drängten. Könnte man daher die Gewölbe wieder in die Erde zurückkehren lassen, so würden die gegenwärtig an den Abhängen auf einander folgenden Schichten der beiden Seiten des Aufrisses, sich auf's Neue begegnen und mit den Sprungrändern sich an einander anlegen, die Spalte würde sich wieder schliessen, ohne eine Spur von der Trennung der nun wieder vereinigten Theile zurückzulassen. In diesem Falle sind die anstehenden Felsköpfe nichts anderes als Bruchflächen und man kann erwarten, auf der anderen Seite des Berges ganz dieselben Schichten zu finden, vorausgesetzt, dass nicht nachfolgende Fluthen sie zerstört, weggeführt oder vermindert haben.

Man führt in den Alpen mehrere Oertlichkeiten an, auf welche diese Betrachtungsweise Anwendung findet. So sind sich die Lias-schichten, welche auf beiden Seiten die Kette von Belledonne begleiten, zu ähnlich, als dass sie nicht vor der Erhebung zusammengehangen haben sollten. Nach Herrn Lory wird diese Zusammengehörigkeit durch die Anwesenheit derselben Liasschichten in Einfaltungen des krystallinischen Bodens nahe an dem obersten Kamme der Kette bestätigt, wo sie sich als Zeugen des ehemaligen Zustandes der Dinge erhalten haben.

Fig 6.

Ein anderer nicht minder schlagender Beweisgrund für diesen ehemaligen Zusammenhang der Bekleidungen ist, dass auf dem Gipfel der Aiguilles Rouges sich ein Lappen von Triasgestein findet, welches dem des Buet einerseits und dem des Chamounithales andererseits ganz gleich ist. Dies scheint anzuzeigen, dass diese Felsarten sich seiner Zeit über die krystallinischen Gesteine ausbreiteten, welche jetzt den Kamm der Aiguilles Rouges ausmachen. Da nun dieselben Triasbildungen auch wieder auf der anderen Seite des Mont Blanc in dem Thale von Ferret erscheinen, so würde es nichts wunderbares haben, wenn dieselben Bekleidungen sich auch über den Mont Blanc selbst erstreckt hätten. Man kann mit derselben Wahrscheinlichkeit zugeben, dass die Schiefer des Thales von Andermatt und Airolo, einst die Masse des St. Gotthard bedeckt haben. (Siehe den Durchschnitt pag. 7.)

Wenn es aber als etwas sehr natürliches erscheint, in Gedanken die Formationen zweier neben einander liegenden Mulden über den dazwischen liegenden Gebirgskamm zu verlängern, so gestaltet sich die Sache doch etwas anders, wenn es sich darum handelt, die Theorie auf die ganze Alpenkette anzuwenden. Wahr ist es allerdings,



dass, wie wir später sehen werden, die Formationen der Südseite weniger von denen der Nordseite verschieden sind, als man sonst wohl glaubte. Dennoch aber sind die Unterschiede gross genug, um starke Bedenken gegen die Idee zu erwecken, dass z. B. ein Zusammenhang zwischen den Kohlenformationen der Schweiz und denen von Italien, zwischen den Gliedern der Trias- und Juraformation beider Abhänge bestanden habe, besonders wenn man die Entfernung berücksichtigt, welche sie scheidet. Man darf auch nicht ausser Acht lassen, dass der südliche Abhang der Alpen, mit Ausnahme einiger Lappen Tertiärländ, auf eine sehr grosse Strecke der piemontesischen Alpen hin, von der Maira nämlich bis zum Lago Maggiore ganz von allem Sedimentgestein entblösst ist. Will man nun nicht eine in's Ungeheure gehende Entblössung oder das Untersinken einer ganzen Flanke der Kette annehmen, so ist man durch ihre Abwesenheit gezwungen, weiter zu schliessen, dass dieser Theil der Alpen Festland war, während das Meer auf der Schweizer Seite die fraglichen Felsarten niederschlug. Demnach hätte aber der alpine Boden schon vor der letzten grossen Erhebung verschiedene Schwankungen erlitten.

Nach dieser Hypothese wären die Formationsgrenzen der piemontesischen Alpen, wie wir sie jetzt an den westlichen Abhängen der Grajischen und Cottischen Alpen sich aufbauen sehen, nicht mehr einfache Bruchlinien, welche eine Zerreiessung der Felsendecke anzeigen, sondern sie würden im Gegentheil alte Ufer darstellen, deren Meer eine Insel oder einen kleinen Continent bespült hätte. Herr v. Mortillet führt zur Unterstützung dieser Erklärung des Mangels an Zusammenhang, unter andern die sehr veränderliche Mächtigkeit der Anthracitformation an, welche in dem Thale von Valorsine, bei Ceblands, mehr als 200 Meter stark ist, während am Buet, einige Stunden davon, sich kaum 5—6 Meter Mächtigkeit finden. Derselbe Geologe nimmt an, dass es sich auch so mit den Formationen auf der Westseite der Centralmasse von Belledonne verhalte.*) Solche Erscheinungen können sich zu mehreren Malen und an vielen Punkten wiederholt haben. Auch hiesse es, wollte man das Gegentheil behaupten, das Princip der Stabilität vertheidigen, welches nicht das der Natur ist.

Es wäre auch durchaus nicht philosophisch, alles Anstehen von Gestein in den Alpen auf dieselbe Weise erklären zu wollen. Es gibt solche hervortretende Schichten, welche das Ergebniss von Zerreiessungen sind und welche dafür ihre Gegenstücke auf der anderen Seite des

*) Bulletin de la soc. geol. d. France Tom 19. p. 357.

krystallinischen Rückens finden müssen. Dagegen gibt es auch alte Ufer, welche die Grenzen eines ehemaligen Oceans anzeigen. Es haben die künftigen Geologen die Aufgabe, nachzuweisen, in welche dieser Kategorien die verschiedenen Gebirgsbildungen gehören und welches die Gestalt und das Aussehen des Alpenlandes in den verschiedenen geologischen Perioden gewesen ist.*)

Je breiter eine krystallinische Masse ist, desto weniger Aussicht ist vorhanden, die beiden Abhänge in Zusammenhang zu bringen. In diesem Sinne sind die östlichen Centralmassen der Idee einer Uebereinstimmung in den Formationen der entgegengesetzten Abhänge nicht günstig, wenn man nicht etwa in den Faltungen und Zwischenbiegungen der Gneisse und Glimmerschiefer Lappen von Sedimentgestein entdeckt, welche die Vergleichung und Vereinigung erleichtern.

Uebersicht der Geschichte des alpinen Bodens.

Die Geschichte des Alpenlandes ist nicht allein die seiner Gebirge. Lange vorher, ehe die Alpenkette aufstieg, war dieser Boden der Schauplatz wichtiger Ereignisse, welche ihn gemeinschaftlich mit den übrigen Theilen unserer Hemisphäre betrafen. Bald überfluthet von den Wassern des Meeres, bald bedeckt mit Morästen und Savannen, welche die Reste ihrer Vegetation an zahlreichen Stellen zurückliessen, dann auf's Neue von dem Meere erobert, hat der Boden, wo jetzt die Alpen stehen, gesehen, wie nicht allein unzählige Generationen, sondern ganze Thier- und Pflanzenschöpfungen auf einander folgten, und die Fortschritte verwirklichten, deren die organischen Formen jener entfernten Zeiten fähig waren. Von diesem Standpunkt aus kann man die Geschichte des Alpenlandes in zwei grosse Abschnitte theilen, nämlich in die Zeit vor und nach der Erhebung.

Die Periode vor der letzten Alpenhebung.

Diese Periode ist bei weitem die längste und an geologischen Ereignissen die reichste. Wir wollen nicht bis zu jenen dunklen Zeit-

*) Diesem Wunsch entspricht bereits das so eben erscheinende vortreffliche Werk von O. Heer: „Die Urwelt der Schweiz. Zürich 1864“, welches wir unsern jüngeren Freunden angelegentlichst empfehlen.

räumen zurückgehen, wo das Wasser noch nicht in flüssigem Zustand vorhanden war, noch selbst zu denen, wo die Fluthen des Oceans noch ohne organische Gebilde waren. (Azoische Periode.) Aber wir finden in dem Gebiete der Alpen unzweifelhafte Spuren der ältesten Formationen, welche Versteinerungen enthalten und welche namentlich in der Umgebung von Grätz die Existenz Silurischer Schichten bekrunden. Wahr ist es, dass diese bis jetzt auf den Karten nur wenig Raum einnehmen; da es aber wenig folgerecht wäre, anzunehmen, dass diese Formationen, welche anderwärts in sehr grosser Ausdehnung vorkommen, gerade im Mittelpunkte der Kette fehlen, so wird man natürlicher Weise zu der Frage geführt, ob nicht gewisse, nicht mehr in ihrem früheren Zustand befindliche Felsarten, die man als „metamorphische Gesteine“ bezeichnet, umgeänderte Vertreter eben dieser Formationen sind. Darauf scheint der Umstand hinzuweisen, dass diese Gesteine besonders häufig in den centralen Theilen der Alpen gefunden werden, da wo die Umwandlungen in grösstem Maassstabe erfolgten. Solche Felsarten sind z. B. die Talkschiefer, Hornblendeschiefer, die grünen Schiefer von Studer, vielleicht selbst ein Theil der grauen Schiefer. Es wird schwer, wenn nicht unmöglich sein, jemals die geologische Stellung der meisten dieser Gesteine zu bestimmen, wenn man bedenkt, dass ihre ursprünglichen Charaktere verändert sind und die Fossilien gänzlich fehlen. Auch wird es kaum möglich sein, die paläozoischen Formationen von den azoischen zu trennen. Diese letzteren müssen nothwendig unter den ersteren liegen, und je nach dem man mehr oder weniger Anhänger des Metamorphismus ist, wird man vielleicht zu ihnen die Glimmerschiefer, die Gneisse, auch wohl die Granitgneisse und vielleicht die Protogine des Mont Blanc ziehen. Uns gilt als das Wichtigste, den Beweis führen zu können, dass der Boden der Alpen Zeuge der ersten Entwicklung des Lebens gewesen ist, damals als das Silurische und Devonische Meer fast die ganze Oberfläche der Erde bedeckte. Von diesem Gesichtspunkt aus betrachtet, ist auch die geringste Spur einer Versteinerung in diesen Erdbildungen von sehr grossem Werth und man kann den Gebirgsforschern der Alpen nicht genug empfehlen, ihre Aufmerksamkeit auf diesen Gegenstand zu richten.

Diese erste Entwicklungsform in der paläozoischen Geschichte ist durch ein grosses Ereigniss unterbrochen worden, an welchem der alpine Boden in ausgedehnter Weise Theil nahm. Die alten Meere haben auf eine Zeit lang weiten sumpfigen Strecken Platz gemacht; die Reste, welche ihr Pflanzenwuchs hinterliess, haben sich in Form von Stein-

kohlenbänken erhalten, welche in verschiedenen Theilen der Alpen, vorzüglich in den inneren Mulden vorkommen. Eine solche Veränderung setzt voraus, dass bedeutende, auf- und abwogende Bewegungen in der Erdrinde stattgefunden haben. Es musste der Grund des Meeres, welcher bisher mit Polypen, Echinodermen und Brachiopoden der Silurischen und Devonischen Periode übersät gewesen war, sich erheben, damit jene Landvegetation, welche den Stoff zu Steinkohle lieferte, auf dem neuen Lande ihren Platz finden konnte. Dieser Zustand der Dinge, obgleich er, mit historischen Zeiträumen verglichen, sehr lang gedauert haben mag, war doch nur vorübergehend. Das Meer kam zurück mit seinem Gefolge von Thieren ähnlicher Art, nahm auf's Neue Besitz von dem Boden der Kohlenformation und scheint sich während einer langen Reihe von Jahrhunderten, vielleicht bis zur Trias- und Infraliasperiode ohne erhebliche Störung darauf erhalten zu haben. Das Ende dieser Periode aber scheint durch neue Störungen und Umwälzungen bezeichnet zu sein, wie diess unter andern die ungleichartigen Lagerungsverhältnisse bezeugen, welche Herr Lory in dem Thal von Olle zwischen den Ketten von Belledonne und les Rousses angibt, wo der Lias in discordanter Schichtenfolge auf dem Gneiss liegt*). Vielleicht schreibt sich auch aus diesem Zeitraum die grosse kreisförmige Erhebung her, welche, nach Herrn Studer, die ganze westliche Seite der Alpenkette von den Ligurischen Alpen bis zu der Centralmasse des Adula betroffen hat und deren Wirkungen man in dem sehr abweichenden Streichen der Schichten in den verschiedenen Centralmassen erkennt.**)

Auch ersehen wir aus den Untersuchungen von Stoppani über die Flötzbildungen der Lombardei, dass bis zur Zeit der Trias und des Infralias vollständige Uebereinstimmung in der Fauna der beidseitigen Meere herrscht. Anders verhält es sich bereits zur Liaszeit. Die Bildungen aus dieser Periode haben auf der Südseite der Alpen ein ganz eigenthümliches, von demjenigen der Nordseite gänzlich verschiedenes Gepräge, und so verhält es sich auch mit den darauf folgenden jüngeren Gebilden.

Man wird somit zur Vermuthung geführt, dass schon zur Liaszeit an der Stelle, wo jetzt die Alpen stehen, eine gewisse Trennung der Meere existirte und zwar nicht nur eine Inselgruppe, sondern ein rudi-

*) Lory, Description géologique du Dauphiné 1. Tab. 1. Fig. 2.

**) Studer, Physikalische Geographie II p. 232.

mentärer Continent, welcher das Meer in zwei Becken abtheilte, jedes mit einer ihm eigenthümlichen Fauna und Flora.

Von jener Zeit an scheint dieser erste alpinische Kern sich fortwährend auf Kosten des Meeres erweitert zu haben und im Verhältnisse als die Ufer mehr und mehr zurückwichen, mussten auch ihre Ablagerungen allmählig vom früheren Gestade sich entfernen.

Allzu regelmässig darf man sich jedoch dieses Zurückweichen nicht vorstellen. Mancherlei Oscillationen mögen stattgefunden haben, wodurch bald der eine, bald der andere Bezirk gänzlich trocken gelegt wurde. Jedenfalls lässt sich die Abwesenheit gewisser Gebilde auf weiten Strecken nicht lediglich durch Auswaschungen erklären, so z. B. das Fehlen der obern jurassischen Bildungen in den Bündner und Tyroler Alpen, des Kreide-Mergels oder Grünsands in den Schweizer Alpen, der gesammten Kreide in der Maurienne.

Auf der Südseite der Alpen bietet die Aufeinanderfolge der Formationen andere noch bedenklichere Schwierigkeiten, welche in diesem Augenblick den Scharfsinn der Geologen in Anspruch nehmen. Es scheint nämlich ausser Zweifel, dass nicht nur manche Stufen in der Lombardei fehlen, sondern ausserdem, dass der Uebergang vom Oxfordthon zum Neocom ein allmählicher ist. Da nun aber anderwärts und besonders auf der Nordseite der Alpen diese zwei Formationen durch verschiedene Stufen getrennt sind, (nämlich den Korallenkalk, die Kemmeridje und die Portland-Stufe), so ist anzunehmen, dass die meisten Einwirkungen, welche über ganz Europa diese mannigfachen Zustände veranlasst haben, gerade hier ohne Wirkung geblieben sind. Es ist dies ein interessantes Problem, welches wir der Aufmerksamkeit und dem Scharfsinn der Geologen empfehlen möchten, wobei zugleich nachzuforschen wäre, ob und wie weit die Majolica wirklich das Aequivalent des Neocom ist.

Mit dem Anfange der Eocän-Zeit scheint von neuem eine theilweise Senkung des alpinischen Bodens eingetreten zu sein, namentlich in der breiten Mulde der Maurienne, sowie auch in dem Gebiet der heutigen Stura zwischen den Seealpen und den Cottischen Alpen. Das Meer des südlichen Abhanges, das so lange abgetrennt war, scheint nun wieder mittelst einer Meerenge zwischen Coni und Barcelonnette mit dem nördlichen Becken, in Verbindung getreten zu sein. Dadurch wird erklärlich, wie die eocäne Meerfauna wieder auf beiden Gehängen dasselbe Gepräge an sich trägt und dieselben Arten einschliesst, was bei den vorhergehenden Formationen weniger der Fall war.

Die Molasse oder Miocän-Epoche ist durch eine viel bedeutendere

Senkung gekennzeichnet, in Folge deren das Meer sich nicht nur über die ganze Schweizer Ebene verbreitete und daselbst die bekannten Sandsteine und Conglomerate der Molasse absetzte, welche den ganzen äusseren Saum der Alpenkette bilden, sondern auch bis ins Innere der Kette drang, wo es seit der paläozoischen und triasischen Zeit nicht gedrungen war, so z. B. in die Thäler der Mur, der Drau, des Gurk etc.

Wenn man nach der Grösse der Gerölle in den Conglomeraten auf die Heftigkeit der Bewegungen schliessen darf, so müssen zeitweise gewaltige Strömungen obgewaltet haben, besonders zu Anfange der Periode. Allmählig jedoch trat grössere Regelmässigkeit und Ruhe ein. Die Meerwasser wechselten mehrere Male mit süssen und brakischen Wassern ab, ohne jedoch grosse Störungen weder in der Thier- und Pflanzenwelt, noch im Klima der Zeit hervorzurufen. Letzteres scheint etwas wärmer gewesen zu sein als heutzutage, entsprechend ungefähr dem heutigen Klima Algeriens.

Die Pliocän-Bildung verdient eine besondere Beachtung, nicht sowohl in Betreff ihrer Beschaffenheit, als vielmehr wegen ihrer Beziehungen zur letzten Alpenhebung. Wie wir gesehen haben, fehlt nämlich dieselbe gänzlich auf dem Nord-Abhang der Alpen. Mithin muss man annehmen, dass die Schweizer-Ebene und die Bairische Hochebene trocknes Land waren, als das Pliocäne Meer sich über die Ebene des Po ausbreitete. Kann man aber aus dem Verhalten der Pliocän-Schichten zum Miocän in Italien schliessen, dass sie von denselben Störungen betroffen wurden, und mithin, dass die Alpenhebung erst nach der Ablagerung der Pliocän-Schichten stattgefunden hat, so wird man nothgedrungen auch zur Annahme geführt, dass auf der Nordseite der Alpen zu Anfang der Pliocän-Zeit das Miocän-Meer, in Folge einer langsamen Erhebung des Bodens, sich aus der Schweiz und der bairischen Ebene zurückgezogen, während es in Italien ungestört verweilte und dort die pliocänen Thon- und Sandbildungen absetzte, welche bei Turin das Miocän bedecken. Das Aequivalent des Pliocän auf der Nordseite der Alpen wird demnach in Land- oder Süsswasserbildungen zu suchen sein, die bis jetzt noch nicht ermittelt sind.

Die Periode nach der letzten Alpenhebung.

Wir haben gesehen, dass schon in sehr früher Zeit einzelne Inseln an der Stelle existirt haben, wo jetzt die Alpen sich erheben, und dass von der Lias-Periode an, dieselben einen ziemlich continuirlichen Wall

zwischen dem jetzigen Italien einerseits und der Schweiz und Frankreich andererseits müssen gebildet haben.*) Die Haupt-Hebung jedoch, welcher die Alpen ihre jetzige Gestalt und Höhe verdanken, sollte erst in verhältnissmässig später Zeit eintreten, nämlich zu Ende der Tertiaer Epoche. Man wird sich einen Begriff von der Bedeutung dieser jüngsten Hebung machen, wenn man die Höhe der Molassen-Gebilde berücksichtigt, welche am Rigi nicht weniger als 1800 Meter erreicht, so dass sie beinahe dem Gesamtbetrag sämmtlicher vorhergegangenen Hebungen gleichkommt.

Kein Wunder also, dass zu einer Zeit, wo man meist nur die Hauptzüge der Gebirge berücksichtigte, man die früheren Schwankungen des Bodens mehr oder weniger unberücksichtigt gelassen und nur die letzte Crisis beachtet hat, welche den Bau der Alpen vervollständigte. Von dieser letzten und grössten Hebung rühren in der That die Hauptzüge in der Orographie her, insbesondere die Faltungen und Ueberstürzungen der äusseren Ketten oder Voralpen, mit ihren Mulden und Gewölben, ihren Längsrissen (Komben) und Querthälern (Klusen). Als Beleg hierfür möge der Umstand dienen, dass der Fall-Winkel der Schichten sich beim Uebergang der secundären Bildungen in die tertiären nicht verliert, und auch die Faltungen der Voralpen nicht mit der Zone der Molasse aufhören, sondern sich gleichnamig in dieselbe fortsetzen, was nicht der Fall sein könnte, wenn sie schon vorher existirt hätten. Darum scheint aber die letzte Hebung von der früheren nicht unabhängig gewesen zu sein, insofern die Richtung dieselbe geblieben ist. Es ist, als ob die ersten Schwankungen maassgebend gewesen wären für alle künftigen Hebungen.

Eine solche Faltung der Erdoberfläche von so ansehnlichen Spaltungen, Biegungen und Ueberstürzungen begleitet, wie wir sie angedeutet haben, konnte nicht stattfinden, ohne sehr wesentliche Störungen in der ganzen Pflanzen- und Thierwelt jener Zeit herbeizuführen. Man begreift, wie die Theorie, welche die Erhebung der Gebirge als innig verbunden mit dem Verschwinden von verschiedenen auf einander folgenden Schöpfungen betrachtete, sich namentlich auf die Erhebung der Alpenkette berief, welche in der That einen sehr bedeutenden Einfluss auf die Entwicklung unseres Continents gehabt hat. Wenn auch

*) Wie weit dieser Wall sich östlich, entlang dem Kern der deutschen Alpen erstreckte, ist noch nicht ermittelt. Wahrscheinlich ist es jedoch, dass ein Meeresarm sich von Deutschland über Tyrol nach Italien erstreckte.

nicht die ganze Schöpfung durch diese grosse Umwälzung zerstört wurde so ist doch gewiss, dass sie für ganz Europa eine wesentliche Veränderung in der Vertheilung von Meer und Land und mithin in den allgemeinen Bedingungen der Existenz organischer Wesen verursachte. Sie ist die Ursache des bleibenden Rücktritts des Meeres und also für uns das Ende der Tertiärperiode gewesen.*)

Seit jener Zeit ist der Boden der Alpen im Ganzen unverändert geblieben, in so fern weder Erhebungen noch Senkungen von grösserer Bedeutung an ihm stattgefunden haben. Aber ohne alle Wechselfälle ist er darum doch nicht geblieben; die ausserordentlichste Veränderung von allen war ihm noch vorbehalten. Es war diess die Eiszeit, die gewaltige Ausdehnung der alten Gletscher. Es ist schwer zu sagen, wie viel Zeit zwischen der Erhebung der Alpen bis dahin verfloss, wo ihre Gehänge sich mit Eis bedeckten, so dass dieses nicht bloss alle inneren Thäler ausfüllte, sondern auch weit in die ebene Schweiz bis zum Jura vordrang. Es ist möglich, dass diese weitgedehnte Eisbildung durch die Erhebung der Alpen selbst hervorgerufen wurde, wenigstens kennen wir keine Erscheinung in ihrem Gebiete, welche eine längere, zwischen beiden grossen Ereignissen liegende Zeitperiode anzeigt.**). Gewiss ist, dass die Eiszeit später eintrat als die Erhebung, wie sich aus dem folgenden Abschnitt über die erratischen Erscheinungen ergeben wird.

Ein so bedeutendes Ereigniss musste weit ausgedehnte Wirkungen haben, besonders wenn es wahr ist, dass wie Alles zu beweisen scheint, zugleich eine ähnliche Ausdehnung des Eises in der ganzen nördlichen Hälfte unserer Hemisphäre statt fand. Es musste das Klima dadurch bedeutende Einwirkung erfahren, sowie auch die Flora und die Fauna, nicht allein im Innern der Alpen, wo wahrscheinlich alles Leben während jener ganzen Zeit erlosch, sondern auch weit hin in den Ebenen, welche die grosse Kette begrenzen. Was ging damals anderwärts vor, namentlich in den Aequatorialgegenden, während unsere gemässigte Zone unter dem Einfluss dieser Eismassen stand, welche

*) Man hat lange von einer zweiten Erhebung, derjenigen der Centralalpen gesprochen, welche die alten Alluvionen der französischen Alpen längs der Durance aufgerichtet haben soll. Wir haben in einer andern Mittheilung gezeigt, dass diese angebliche zweite Erhebung auf einer falschen Bestimmung des fraglichen Terrains beruht. (Bulletin de la société des sciences naturelles de Neuchâtel t. 5. p. 58.)

**). Der alte Alluvialboden, welchen man zuweilen zwischen beide stellen wollte, ist nur eine mit der Eiszeit verbundene Erscheinung.

lange Jahrhunderte dauerten? Es wäre von hohem Interesse diess zu untersuchen. Wahrscheinlich ist, dass im Innern der Alpen wie an ihrem Fuss das organische Leben erst dann wieder zu erscheinen anfing, als das Eis sich zurückzog. Von diesem Zeitpunkte an beginnt für uns die quaternäre Periode mit ihren Thieren und Pflanzen, welche die gegenwärtige Fauna und Flora bilden. Sie zählte im Anfang einige Formen, welche seitdem verschwunden sind, wie z. B. das Mammuth, dessen Skelette wir in den Diluvialbildungen begraben finden.

Es ist nicht erwiesen, dass der Mensch vom Anfang dieser Periode an auf der Erde gelebt habe, wie es überhaupt keinen Beweis dafür gibt, dass alle Thiere und Pflanzen gleichzeitig erschienen seien. Die Thierwelt der Alpen liefert uns vielmehr Beweise vom Gegentheil. So ist es z. B. offenbar, dass während das Eis sich einestheils bis zum Jura, andertheils bis zum Ausgang der grossen Alpenthäler erstreckte, die in die Lombardei ausmünden, die Alpenseen nicht bestanden; das Wasser konnte sich darin erst sammeln, als das Eis, das sie füllte, sich nach und nach zurückzog; die Mollusken, die Insekten, die Fische, welche sie in unsern Tagen bewohnen, haben daher erst in einer verhältnissmässig spätern Zeit darin erscheinen können. Unter diesen finden sich aber solche, welche den Alpenseen eigenthümlich sind, und die daher nicht haben von andersher kommen können, z. B. *Salmo lacustris*, *Leuciscus pigus*, nach Siebold, u. a. Solche nun müssen nothwendig durch eine spätere Schöpfung hervorgebracht worden sein, wenn man sie nicht als Formen betrachtet will, welche während langen Zeiträumen durch den Einfluss besonderer Lebensverhältnisse und Bedingungen modificirt worden wären.

IV. Die erratischen Erscheinungen in den Alpen.

Seit langer Zeit schon wurde die Aufmerksamkeit der Männer der Wissenschaft auf eine Reihe von Erscheinungen gelenkt, welche man als erratische bezeichnet, und deren Ausgangspunkt die Alpen sind. Dahin gehören besonders die Granitblöcke und die Haufwerke von losen Geschieben, welche dem Boden, dem sie aufliegen, fremd sind und die man fast über das ganze Gebiet der Schweiz verbreitet sieht. Auch Felsen mit abgeriebener, glatt geschliffener, gestreifter und geritzter Oberfläche waren schon lange beobachtet, aber ihre Beziehungen zu den Blöcken und erratischen Schuttmassen hatten unsere Vorgänger noch nicht erkannt. Den Schweizer Geologen unserer Tage war es vorbehalten, indem sie an ein und dasselbe grosse Ereigniss anknüpften, dessen Hauptsitz unsere Alpen wären, den Zusammenhang dieser Erscheinungen nachzuweisen, die scheinbar so wenig mit einander gemein haben. Ehe wir aber die Theorie der Eiszeit auseinandersetzen und die Phasen angeben, welche sie durchlaufen hat, müssen wir die Thatsachen aufzählen, welche man unter der Benennung „erratische Erscheinungen“ begreift.

Die erratischen Blöcke.

Die Blöcke fremden Ursprungs mussten zuerst in der ebenen Schweiz und an den Abhängen des Jura als etwas Auffallendes bemerkt werden und zwar wegen ihrer mineralogischen Zusammensetzung. Denn in der That liegt in der Anwesenheit dieser grossen Granitblöcke mitten in einem Lande, das ganz aus Kalk oder Molasse besteht, gewissermassen eine Aufforderung zur Untersuchung. Gewiss hat, noch ehe die Gelehrten sich mit diesen seltsamen Blöcken beschäftigten, mancher denkende Landmann sich gefragt, woher diese auffallenden Steine wohl stammen möchten, die man in keinem Steinbruche des Landes antrifft und in der französischen Schweiz mit dem Namen Gris oder Grisons, in der deutschen mit dem Worte Geisberger bezeichnet.

Im Innern der Alpen erregten die erratischen Blöcke nicht dieselbe Aufmerksamkeit. Mitten unter so vielen Felstrümmern, welche von den Bergwassern, den Gletschern, den Lawinen, den Bergstürzen fortgerissen und oft bunt durch einander, weit von ihren Stammorten

aufgehäuft worden sind, ist das Vorkommen eines von Felsarten der Umgegend verschiedenen Steinblockes gerade nicht geeignet die Neugierde besonders anzuregen. Man kümmerte sich daher auch nicht darum. Mit Ausnahme einiger sehr auffallender Lagerstätten, wie derjenigen von Monthey im Wallis, vom Kirchet bei Meyringen, waren die erratischen Blöcke des Innern der Alpen fast unbekannt. Man fing erst später an, sie zu berücksichtigen, als die Blöcke der Ebene und der Abhänge des Jura bereits schon populär waren. Da es nämlich darauf ankam zu beweisen, dass die Art des Vorkommens des letzteren dieselbe sei, wie in den Alpen, so mussten wir auf ihre Entdeckung ausgehen, und in den verschiedenen Thalschaften ihre Fundorten, sowie die Verhältnisse unter denen sie erscheinen, näher bezeichnen. Gegenwärtig würde eine solche Arbeit nur ein örtliches Interesse haben, da es erwiesen ist, dass sie sich in allen Thälern finden und dass wenn sie irgendwo nicht vorkommen, dieses Fehlen eine Ausnahme und eine Abweichung von der Regel ist. Zuweilen ist es schwer, die erratischen Blöcke von denen zu unterscheiden, welche der nächsten Umgebung angehören; indess hat man diese Schwierigkeit nur in Thälern von sehr beschränktem Umfange zu fürchten. Die Hauptthäler, welche von der Höhe der Kette sich herabsenken und in der Ebene ausmünden, durchschneiden so verschiedene Formationen, dass es leicht ist, jeder Felsart ihre Heimath anzuweisen. Nehmen wir als Beispiel das Hasli-Thal: es durchschneidet von Interlaken bis nach Im-Grund Kalkstöcke, von Im-Grund bis Guttannen Gneiss und Glimmerschiefer, von Guttannen bis zum Aargletscher und selbst bis zu dessen Gabelung am Abschwingung Granitmassen. In Folge dessen kommen in dem Kalkgebiet bei Meyringen und Kirchet Granitblöcke in Lagen vor, wohin sie nicht durch den Fluss gebracht worden sein können und man wird daraus schliessen müssen, dass sie durch die Gletscher von der oberen Thalschaft herbeigeführt worden sind, sowie dass die Gneissblöcke aus dem mittleren Theile des Thales stammen.

Die Moränen.

Noch unwidersprechlicher als die erratischen Blöcke bezeugen die Moränen das ehemalige Vorkommen von Gletschern an Orten, wo man sie jetzt findet. Es sind dies erratische Blöcke, welche auf eine bestimmte Weise aufgehäuft sind. Ihr Zeugniß muss daher um so mehr Gewicht haben, da zu der mineralogischen Beschaffenheit der Felsarten als neuer Beweis, die Lagerung und Vertheilung der Massen hinzukommt. Es ist bekannt, wie die Moränen sich bilden. Die Berge,

welche die Gletscher begrenzen, sind vielfach zerklüftet und mit einer Decke loser Trümmer überzogen, welche sich von der festen Felsenmasse abgelöst haben. Indem diese herabstürzen, fallen sie auf die Oberfläche der Firnschneemassen oder der Gletscher, in deren Spalten sie sich auch wohl verlieren. Da nun alle Gletscher eine Bewegung gegen die unteren Regionen haben, so entfernen sich diese Trümmer nachgerade von ihren Ausgangspunkten und werden theils an den Seiten, theils am Ende des Gletschers abgelagert. Die Massen, welche auf die Seite geschoben werden, bilden die Seitenmoränen, auch Gandecken genannt. Diejenigen, welche bis ans Ende gelangen, häufen sich vor dem letzten Absturz des Gletschers an und wenn dieses Ende an derselben Stelle bleibt, so bilden sie schliesslich einen querlaufenden Schuttwall, welcher die Endmoräne ist.

Die Endmoräne wird also eine Sammlung aller derjenigen Felsarten enthalten, welche in den oberen Regionen des Thalkessels vorkommen, die Seitenmoränen dagegen werden nur die Felsarten des einen Gletscherufers enthalten.

Aber das Material der Moränen fällt nicht blos durch seine mineralogische Verschiedenheit auf; es zeichnet sich nicht minder durch seine mannigfaltigen Formen aus. Man findet grosse scharfeckige Blöcke neben gerundeten und oft sehr schön polirte, alles unter einander mit Haufwerken von Sand und Lehm. Die eckigen Blöcke kommen von der Oberfläche des Gletschers, und in der That braucht man nur auf einen mit Trümmern bedeckten Gletscher zu steigen, um sich zu versichern, dass hier die eckigen Blöcke fast ausschliesslich vorherrschen.

Aber nicht alle Blöcke, welche auf den Gletscher fallen, bleiben an seiner Oberfläche. Ein grosser Theil derselben verschwindet in den Hohlräumen, welche sich zwischen Eis und Felsgrund bilden und gelangen schliesslich auf den Grund des Thales. Ihre Anhäufung unter dem Gletscher bildet eine eigene Ablagerung, welche man zuerst als Lehm- oder Schlamm lager, später mit der geeigneteren Benennung Grundmoränen bezeichnet hat.

Die Grundmoräne wird aber ebenfalls durch die Bewegung des Gletschers fortgeschoben. Allein während ihres Fortrückens unter dem Gletscher erleiden diese Trümmer verschiedenartige Reibungen in Folge deren sie abgestumpft und gerundet am Ende des Gletschers ankommen. Ein grosser Theil widersteht diesen zerstörenden Einflüssen nicht und wird in Staub verwandelt, ehe die Fahrt zu Ende ist. Das ist der Ursprung des Gletscherlehms. Die härtesten Gesteine nur erscheinen wieder in Form von gerundeten Geschieben und Blöcken, welche sich

nun mit denen der Oberfläche mischen. Andere, besonders Blöcke von Kalkstein sind mit eigenthümlichen Streifen und Furchen versehen, welche auf eine besondere Reibung hindeuten. Diess sind die geritzten Geschiebe, welche man mit Recht als Beweise von Gletschertätigkeit anführt, wo man sie auch finden mag.

Im Allgemeinen ist der Beitrag, welchen die Grundmoränen zu den Endmoränen liefern, ansehnlicher als der, welcher von den oberflächlichen Moränen stammt, und daher sind die Schutthügel vor den jetzigen Gletschern zum grossen Theil aus abgerundeten Geschieben und Blöcken gebildet; die eckigen Stücke sind darin um so seltener, mit je weniger Trümmerstücken die Oberfläche des Gletschers bedeckt ist. Dies beweisen z. B. die Moränen, welche vor dem Ende des Rhonegletschers liegen.

Die Seitenmoränen dagegen enthalten vorzugsweise eckige oder nur wenig abgenutzte Blöcke, und zwar aus dem einfachen Grunde, weil die einzelnen Stücke weniger oft in den Fall kommen, gerieben zu werden. Auf solche Weise verrathen die Moränen nicht weniger durch ihre Lagerung, als durch die Beschaffenheit ihrer Bestandtheile ihren Ursprung den Augen jedes einigermassen geübten Beobachters. Ueberall wo man sie antrifft, sei es in Form von concentrischen Wällen, sei es als einzelne Haufwerke, ist ihre Anwesenheit ein Beweis, dass einst Gletscher an diesem gelagert waren. Moränen sind es (am Simplon), welche Herrn Venetz zuerst auf die Idee einer grösseren Ausdehnung der Gletscher in der Urzeit führten.

Erratische Böden.

Wenn sich eine Endmoräne, d. h. ein Schuttwall vor dem Ende des Gletschers bilden soll, so muss letzterer eine Zeit lang stationär sein, damit die Schuttmassen Zeit haben sich anzuhäufen. Wenn im Gegentheil das Ende des Gletschers bald vorwärts schreitet, bald sich zurückzieht, so werden die Blöcke der Gletscheroberfläche, sowie die, welche er unter sich fortschiebt, nach dem Zurückziehen des Eises zerstreut liegen bleiben, oder es werden Ablagerungen entstehen, welche wir erratische Böden nennen möchten, in denen die eckigen und abgerundeten Blöcke in verschiedenen Mengeverhältnissen vorkommen, je nachdem der Gletscher mehr oder weniger mit Trümmern beladen ist.

Wenn die Gletscher wenig Trümmerstücke auf ihrer Oberfläche tragen, wie das bei mehreren unserer grossen Gletscher der Fall ist,

die man deshalb als die schöneren oder reineren Gletscher bezeichnet, (Glacier des Bois am Montblanc, Rhonegletscher, Aletschgletscher) so geschieht es nicht selten, dass der Gletscher, wenn er sich zurückzieht, einen vorzugsweise aus Geschiebe und abgerundeten Blöcken bestehenden Boden zurücklässt.

Diese Gletscherböden oder horizontalen Anhäufungen von Blöcken und Geschieben sind beständig den Wirkungen des Wassers ausgesetzt, nicht allein denjenigen, welche unter dem Gletscher ihren Verlauf haben, sondern auch denjenigen, welche die Räume durchfliessen, die das Eis eben verlassen hat, und in diese ihre Furchen einschneiden. Da nun diese Gletscherbäche sehr launenhaft sind und bald zur Rechten, bald zur Linken von ihrer Bahn abweichen, so begreift es sich, dass sie eine grosse Menge von Material verschieben und schliesslich an vielen Stellen eine Art Scheidung bewirken, wie sie der Einwirkung des Wassers eigenthümlich ist. Es zeigen sich Spuren von Schichtung, Bänke von Kies, Sand und selbst von Lehm, welche unter sich sowohl, als mit unförmlichen Haufwerken abwechseln, und zwar so sehr, dass man oft in Verlegenheit sein würde, ihnen die rechte Stelle anzuweisen, wenn man nicht die Ursache dieser Mischung vor Augen hätte.

In allen grösseren Thälern der Alpen gibt es Becken oder Erweiterungen, deren Grund durch solche erratische Anhäufungen ausgefüllt worden ist. Sie sind gewöhnlich vollkommen wagrecht, woher wohl der Name Boden oder Bödeli, den sie im Kanton Bern führen, herrührt. Anderwärts bezeichnet man sie mit dem Namen Grund (französisch *fond*) und verbindet damit gewöhnlich den Gedanken an einen alten, nun ausgefüllten See. Wenn diese Böden sich in geringer Entfernung von jetzt noch bestehenden Gletschern finden, so begreift es sich leicht, dass sie ebenso entstanden seien, wie die Geschiebflächen, welche vor dem Gletscher zurückbleiben, wenn dieser zurückgeht. Die Spuren von Schichtung bilden keine Schwierigkeit, da man die Wirksamkeit der Bäche am Ausgang der Gletscher kennt.

Aber es sind solche Ablagerungen nicht auf die inneren Thäler beschränkt; man findet sie bis an die Ausgänge der grossen Thäler und bis in die ebene Schweiz, wo man sie oft mit einem andern Namen, als „altes Alluvium (*Alluvion ancienne*)“ bezeichnet.

An Orten, wo früher Gletscher gelegen haben, namentlich solche, die keine starke Bewegung hatten, sieht man auch oft die Gerölle des Bodens wie ein Sandpflaster zusammengedrückt. So z. B. an einem Theil der öden Serpentinfläche, welche die Todtenalp in Davos bildet.

Abgeriebene und geglättete Felsflächen, Gletscherschliffe.

Die geglätteten Felsflächen sind für das Studium der erraticen Erscheinungen nicht minder wichtig, als die erraticen Blöcke und Geschiebe. Sie sind das Ergebniss der Reibung, welche der Gletscher auf die felsigen Wände des ihn einschliessenden Thales ausübt.

Das Eis allein wäre indess nicht im Stande so auffallende Wirkungen hervorzubringen; es würde höchstens hinreichen, die beweglichen Theile der Felsen längs des Gletscherufers wegzunehmen und abzuschälen. Wenn der Gletscher mehr thut, wenn er die Felsen, an die er sich anlehnt, abnutzt, abschleift und glättet, so geschieht dies mit Hilfe der Geschiebe und Felstrümmer, welche an seinen Seiten aufgehäuft sind. Man braucht nur den seitlichen Theil eines Gletschers in den leeren Räumen, die sich oft an seinen Rändern zeigen, zu untersuchen, um sich zu überzeugen, dass die untere Eisfläche gleichsam von einer Rinde von Sand und Kies überzogen ist, worunter mehr oder weniger dicke Gerölle und selbst Blöcke, welche in dem Gletschereis eingefügt sind.

Dieser Ueberzug von Sand und Kies ist es, welcher, wie ein Schmirgel wirkend, die Felsen abnutzt und polirt; die vorspringenden Steine verhalten sich ihrerseits wie eben so viele Grabstichel und Polirsteine, welche ihre Spur in die Felsenfläche eindrücken, indem die einen feine Streifen, andere kleine Furchen, wieder andere breite Rinnen einschneiden, je nachdem sie gross oder klein sind. Wer einigermaßen mit der Natur der Gletscher vertraut ist, hat Gelegenheit gehabt, das Eis bei dieser Thätigkeit zu beobachten, indem es die Steine und Blöcke der Kiesschicht gegen die Felswände drängte und solche dabei ihre Spur in Form von Ritzen und Furchen eindrückte. Diese Furchung findet weniger leicht in den Thalsohlen statt; sie tritt nur da deutlich hervor, wo eine Erhöhung des Bodens den Gang des Gletschers hemmt.

Wenn die Thäler in geraden Linien verliefen und fortwährend von oben nach unten gegen den Ausgang hin regelmässige Thalwände hätten, so dass der Gletscher von beiden Seiten gleichmässig eingeschlossen und zusammengedrückt wäre, so würde die Abschleifung und Streifung auf gleichmässige Weise erfolgen und die Richtung der Streifen und Furchen würde der Neigung des Bodens entsprechen. So ist es aber in der Wirklichkeit nicht. Die Thäler sind abwechselnd bald breiter, bald enger; selbst dann, wenn sie uns gerade und regelmässig scheinen, ändert ihr Thalweg sehr wesentlich ab, indem er bald mehr nach dem einen, bald nach dem andern Ufer gerichtet ist. Daher sieht man oft die Gletscher und namentlich ihre Mittelmoränen

Schlangenlinien beschreiben, welche die Richtung des Thalweges bezeichnen. Der Eisstrom bricht sich bald an dem einen, bald an dem andern Ufer, und besonders an diesen Punkten findet die Reibung statt. Dorthin muss man auch vorzugsweise gehen, wenn man polirte und geritzte Gesteine aufsuchen will.

Am auffallendsten wird man dieser Erscheinung begegnen, wenn das Thal sich plötzlich verengert, und wenn die beiden Ufer, indem sie sich nähern, den Gletscher nöthigen, sich durch die Enge einen Weg zu bahnen. Indem der Gletscher nämlich aus einem erweiterten Thale in einen verhältnissmässig engen Durchgang eintritt, wird er zusammengedrückt, schwillt an und erleidet mancherlei unregelmässige Bewegungen, welche sich durch das zerrissene unordentliche Aussehen der Oberfläche verrathen. An solchen Stellen finden sich die grossen Spalten und Eisnadeln. In Folge der Stauung entstehen dann durch die Reibung zuweilen grosse ansteigende Furchen, wie diess an den geglätteten Wänden des Bärenlamm auf der rechten Seite des Aargletschers (Siehe die Abbildung auf Seite 103) zu sehen ist. Dieselbe Erscheinung der aufsteigenden Streifen zeigt sich auch in andern Alpenthälern, die von den jetzigen Gletschern weit entfernt sind. So an der Handeck, an den Schluchten der Reuss bei der Teufelsbrücke etc.

Man sieht zuweilen auch die Furchen und Streifen sich in spitzen Winkeln von verschiedenen Neigungen kreuzen. Dieser Umstand, welcher uns im Anfange unserer erratischen Studien einigermaßen in Verlegenheit setzte, rührt von Unregelmässigkeiten im Gange des Gletschers her. Dieser weicht in der That nach Jahreszeiten und Jahrgängen ab. Wenn das Fortschreiten schneller ist, wird das Eis mit grösserer Gewalt gegen die Felswände gedrängt und sucht sich daher mehr zu erheben. Die Streifen, welche es einschneidet, werden daher eine andere Richtung haben müssen, als unter Einfluss eines langsameren Fortrückens und eines geringeren Druckes. Daraus ergibt sich eine abweichende Richtung der Streifen, welche dann auseinander laufen oder sich kreuzen.

Ehe die Eistheorie eine systematische Gestalt genommen hatte, waren die gestreiften und geglätteten Felsflächen von den Geologen nur sehr wenig beachtet worden. Man hatte wohl einige der auffallendsten Punkte angegeben und beschrieben, doch ohne darauf grosses Gewicht zu legen. So hatte die helle Platte oberhalb Handeck im Haslithal durch ihren Glanz und die Gefahr, in welche der Reisende auf ihren streifig polirten (satinés) Steintafeln gerathen kann, die Aufmerksamkeit Saussures auf sich gezogen (1786); aber weder er, noch seine Nachfolger versuchten irgend eine Erklärung dieser auffallenden Erscheinung.

Der Zusammenhang, in welchem die geglätteten und gestreiften Felsen mit den Gletschern stehen, ward zum ersten Male in einer Abhandlung zur Sprache gebracht, welche H. von Charpentier 1834 in der Schweizerischen naturforschenden Gesellschaft zu Luzern las und die gleichsam den ersten Keim der Eistheorie enthält.*) Aber erst später, in Folge der Discussionen, die sich in derselben Gesellschaft bei deren Versammlung in Neuchâtel, in Folge eines Vortrags von Herrn Agassiz „über die ehemalige Ausdehnung der Gletscher“ erhoben, fing man an, den Erscheinungen der Glättung und Streifung, als Beweisen für die Anwesenheit alter Gletscher in vielen Thälern der Alpen, wo das Eis in unseren Tagen keine bleibenden Massen mehr bildet, den wahren Werth beizulegen. Gegenüber den von allen Seiten sich erhebenden Einwürfen wurde es nothwendig, die Thatsachen einer in's Einzelne gehenden Untersuchung zu unterwerfen und dabei die Charaktere festzuhalten, wodurch sie sich auszeichnen. Mehrere Jahre lang war die Verfolgung der Gletscherschliffe der Hauptgegenstand unserer Forschungen. Der Verfasser erinnert sich sehr lebhaft der Freude, welche er empfand, als er in Folge einer Reise in die Alpen einige neue Fundorte dem Verzeichniss der schon bekannten hinzufügen konnte. Diese Angaben hatten damals solche Wichtigkeit, dass H. von Charpentier für gut fand, in seinem Werke die Stellen anzugeben, wo Gletscherschliffe sich fanden, und hinzuzufügen, man könne sich Handstücke davon bei Herrn Em. Thomas in Bex verschaffen.

Jetzt würden diese Angaben nicht mehr denselben Werth haben. Man weiss jetzt, dass eine Zeit war, wo die Gletscher fast alle Alpenthäler füllten und wenn man sich einige Mühe gibt, findet man fast überall die Spuren der Reibung, welche sie ausgeübt haben. Wo die Glättungen und Streifen durch Einfluss der Atmosphäre und der im Gefolge desselben eingetretenen Verwitterung verschwunden sind, da erkennt man ihr ehemaliges Vorkommen doch immer noch an den Umrissen der Felsen, welche abgerundete Formen angenommen haben, die man mit dem Namen Rundhöcker (*roches moutonnées*) bezeichnet. Nur in dem Gebiete des Flysches und des Bündner Schiefers ist gewöhnlich jede Spur der Reibungsflächen verschwunden.**)

*) Annales des Mines Bd. VIII. — Fröbel Mittheilungen aus dem Gebiete der theoretischen Erdkunde S. 482.

**) Es gibt jedoch auch hier Stellen, wo sich die Gletscherschliffe frisch erhalten, nemlich da wo der geschliffene Fels mit einer Decke von Gletschergeschieben bedeckt war, welche durch Kalk zu einem Conglomerat verbunden wurden, das sich kurz nach der Eiszeit oder während derselben gebildet haben mag; so z. B. bei Chür in dem Steinbruch bei der Cantonsschule und andern Orten. Th.

Grenzen der Gletscherschliffe.

Wenn auch die Thatsache des Gletscherschliffs gegenwärtig hinreichend festgestellt, und nicht durch neue Beobachtungen bestätigt und befestigt zu werden braucht, so ist dagegen ein anderer Gesichtspunkt der Aufmerksamkeit der Reisenden werth, den wir namentlich unsern jüngeren Collegen empfehlen möchten. Es ist die obere Grenze der polirten oder abgeriebenen Felsen.

Schon Saussure war der Gegensatz aufgefallen, der in dem Aarthal sowohl als in Chamouni zwischen den Gipfeln des Hochgebirgs und dessen Fuss besteht, denn erstere endigen, wie er sich ausdrückt, gleichsam in Mauerzinnen mit frischen eckigen Winkeln, in kühnen und scharf ausgeprägten Formen (*par des créneaux à angles vifs et par des formes hardies et prononcées*), während die Felsen der untern Regionen abgerundet und gleichförmig sind.

Fig. 7.*)



*) Am Fusse der Felswand sieht man den Gletscher mit seiner Moräne und seinen Gletschertischen.

Auch Hugi wurde durch dieses verschiedene Aussehen überrascht und er theilte davon eine Zeichnung in seinem Werke über die Gletscher mit. Weniger vorsichtig als sein berühmter Vorgänger, versuchte er davon eine Erklärung zu geben, welche, wie viele andere von ihm aufgestellte Theorien, nicht geeignet war Glück zu machen. Er schrieb die Verschiedenheit einer abweichenden Structur des Gesteins zu und unterschied den Granit der Gipfel, den er Halbgranit nannte, von dem der Basis, dem er den Namen Bauchgranit gab. So standen die Ansichten, als wir 1841 den Juchliberg erstiegen, dessen Zacken so scharf hervortreten, wenn man sie von den Fenstern des Grimselhospizes aus betrachtet (Siehe Fig. 7) und die Thatsache feststellten, dass zwischen den ausgezähnten Kämmen und den abgerundeten Felsen am Fusse derselben keinerlei mineralogischer Unterschied stattfindet. Es war derselbe Granit, nur zeigten die gerundeten Felsen Spuren von Reibung und auf dem kleinen Absatz, welcher sich auf der Grenze beider Formen befindet, bemerkte man Blöcke von Gneiss, deren Stammort sich weiter oben an den Gipfeln des Mieselen und Ewigschneehorns befindet. Diese Blöcke konnten durch nichts Anderes, als durch den Gletscher dorthin gebracht worden sein und gingen nicht höher hinauf als die geglätteten Felsen. Diess war also die obere Grenze des alten Gletschers. Es gab mithin eine Zeit, wo dieser eine Dicke von 2000 Fuss mehr besass, als gegenwärtig; doch hat er die höchsten Gräte nicht bedeckt: Diese sind von der zerstörenden Wirkung des Eises unberührt geblieben, und haben deshalb allein ihre ursprüngliche zackige Form beibehalten, während alles übrige Land der abreibenden Wirkung des Gletschers ausgesetzt war, der wie ein Hobel darüber hinweggegangen ist.

Nachdem diese Grenze einmal auf einem Punkte festgestellt war, suchten die damaligen Bewohner des „Hôtel des Neuchâtelois“ natürlich sie auch an anderen Stellen des Gletscherufers aufzufinden.*) Das vorausgesehene Ergebniss wurde schnell erreicht. Man erkannte zugleich, dass diese obere Grenze nicht wagrecht war, sondern sich von oben her thalwärts senkte, jedoch unter einem schwächeren Winkel als der gegenwärtige (etwa 3 Meter auf 100, ungefähr $1\frac{3}{4}^{\circ}$, während die mittlere Neigung des Aargletschers das Doppelte beträgt).

*) Vgl. Agassiz und seiner Freunde geologische Alpenreisen, verfasst von E. Desor, herausgegeben von Dr. Carl Vogt, Frankfurt 1847.

Die an dem Aargletscher erlangten Resultate dienten nun als Führer für andere Oertlichkeiten. Man lernte die alte Grenze der Gletscher bestimmen, da man nun wusste wo sie zu suchen war. Indem man den Schriften und Angaben Saussures folgte, erkannte man sie leicht am St. Gotthard, im Reussthal, an den Felsen welche den Thalgrund von Andermatt beherrschen, sowie an den Abhängen der Felsnadeln welche sich über Chamouni erheben.

Da uns eingeworfen wurde, das Rhonethal mache eine Ausnahme von der Regel und besitze diese orographische Erscheinung nicht, so suchten wir daselbst die genannten Grenzen auf und fanden sie mit Bestimmtheit an dem Abhange der Dent de Morcles zwischen dem Dorfe Morcles und der Sennhütte l'Haut, mehr als 1000^m. über der Thalsohle. Herr Gerlach fand sie später in der Umgegend von Sion ungefähr 3000 Fuss über der Rhone, während sie am Kochely bei Sieders 1400^m. über der Rhone hoch ist. Herr Theobald hat sie seinerseits an verschiedenen Stellen Bündens erkannt. Am Calanda bei Chur gehen sie bis an die Felswände unter der Alp, etwa 6000 Fuss; so hoch erhebt sich auch das erratiche Gestein (Granit, Gneiss, Syenit, Verrucano). Auch sind alle Geologen, die bei der Jahresversammlung der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft zu Samaden 1863 anwesend waren, durch die ausgezeichnete Deutlichkeit der abgerundeten Bergformen an sehr vielen Puncten vom Oberengadin, besonders aber in der Gegend von St. Moritz überrascht gewesen. Namentlich sieht der ganze Piz Rosag oben wie geschält aus, während der etwas höhere Surlei scharfkantig hervortritt. Man vermisst auch auf der Südseite der Alpen diese Grenze nicht. Wir haben ihre Spuren am Bernina, in dem Thale St. Giacomo, sowie am Albrun festgestellt. Nach Theobald ist das Malankathal besonders wichtig wegen seiner auffallenden Gletscherschliffe an der Thalsohle sowohl als an den Felswänden. Die Felsmauer zwischen Piz della Disgrazia und Sissona erscheint ganz glatt. Am Lago Pirlo sind alle Felsflächen abgerieben bis auf die hervorragenden Gräte und Spitzen des Mt. Braccin.

Es handelt sich hauptsächlich nur noch darum, mit Bestimmtheit die Höhe und die Neigung der Gletscher-Grenze zu ermitteln, um auf diese Weise die Mächtigkeit der alten Gletscher in den verschiedenen Thälern zu bestimmen; und da die Ausdehnung der Gletscher mit ihrer Dicke im Verhältniss steht, so könnte man vielleicht theoretisch die Grenzen auffinden bis zu welchen die Gletscher vorgeschoben waren, als sie ihr Maximum erreicht hatten, und dadurch nicht allein die Umrisse des damaligen Eiskleides der Alpen, sondern auch die der

kleinen Inseln feststellen, welche sich über dieses Eis erhoben und eben deshalb ihre Form und ihr ursprüngliches Aussehen bewahrt haben müssen. Man wird sich daraus erklären können, wie es geschehen konnte, dass mitten zwischen weiten zu Rundhöckern abgeschliffenen Strecken sich hier und da ein vereinzelter Felskopf findet, dessen Gipfel ganz mit Trümmerhaufwerken bedeckt ist. Das Siedelhorn ist hiervon ein schlagendes Beispiel. Wenn der alte Aargletscher sich um einige 100 Fuss mehr erhoben hätte, so hätte er auch diesen Gipfel bedeckt und alle diese aufgehäuften Trümmer weggefegt. Es würde dann nichts übrig sein, als der feste anstehende Fels mit gerundeten Umrissen, wie alle umher anstehenden Felsenköpfe. Wenn man die Mächtigkeit dieser Felsentrümmer an Orten sieht, wo sie nicht abgescheuert worden sind, so kann man sich wohl von der ungeheuren Masse des Schuttes, welchen die alten Gletscher herbeigeführt haben, einen Begriff machen, und wird sich nicht mehr über die Ausdehnung und Mächtigkeit der erratischen Gesteine wundern, welche sie in der Ebene aufgehäuft haben.

Kessel- oder Riesentöpfe.

Es ist hier der Ort einer andern Art von Auswaschungen zu denken, die man zuweilen mit dem Gletscher in Beziehung gebracht hat, die aber in der That nur Waschungen von bewegtem Wasser sind, nämlich die Kessel oder Riesentöpfe. Wenn ein reissendes Bergwasser oder ein Wasserfall auf seinen Wegen eine Vertiefung im Felsen antrifft, macht er daselbst Wasserwirbel, und wenn sich dann zufällig Geschiebe finden, so reiben diese, indem sie sich wirbelnd bewegen, die Vertiefung weiter aus und verursachen runde Höhlungen mit glatten Wänden, welche zuweilen einen ansehnlichen Durchmesser und entsprechende Tiefe haben (mehrere Meter). Man sieht hiervon ein auffallendes Beispiel an der Brücke, welche oberhalb Handeck über die Aar führt. Einige Schriftsteller haben geglaubt, dass die Wasserfälle oder Gletschermühlen, welche sich in die Gletscherspalten stürzen, solche Aushöhlungen veranlassen könnten, aber die Sache ist nicht erwiesen.

Karrenfelder.

Nicht selten trifft man auf den Hochflächen der Alpen, wo sie aus Kalk bestehen, enge, senkrechte Vertiefungen, welche 4—5 Meter hinabreichen. Diess sind die sogenannten Karrenfelder (französisch *Lapiaz*). Zuweilen sind diese Furchen so nahe beisammen, dass die Räume, welche

sie trennen, nur schmale Gräte darstellen. Sie bringen dann dem Vieh entschiedene Gefahr, so dass man sie an manchen Orten mit Einzäunungen umgeben hat. Wie Herr v. Charpentier schon bemerkt hat, finden sich Karrenfelder nie auf Granit, Glimmer, Talk und Quarzitschiefer; sie sind ausnahmsweise dem Kalk eigen, woraus man schliesst, dass sie eher eine Folge der auflösenden als der mechanischen Thätigkeit des Wassers sind. Es ist wahrscheinlich, dass ihre erste Ursache senkrechte Spalten waren, welche in Kalkfelsen häufig sind. Wenn nun ein Gletscher auf einem Bette von Kalk liegt, so muss das Wasser, welches im Sommer von ihm abfließt, auflösend auf die Kalkfelsen wirken, und es ist möglich, dass ein Theil der Karrenfelder auf diese Weise mit der früheren Ausdehnung der Gletscher verknüpft ist. Doch auch dieses ist zweifelhaft. Auf keinen Fall sind sie als unwiderlegliche Zeugen der ehemaligen Anwesenheit von Gletschern anzusehen, wie man es behauptet hat, da sich Karrenfelder auch durch die Wirkung des Regenwassers, gleichsam unter unsern Augen, bilden, wovon man sich z. B. in den alten Römischen Steinbrüchen zu Aix in Savoyen überzeugen kann.

Beziehungen der erraticen Erscheinungen zu einander.

Man sieht wohl, dass es an Beweisen für die Ausdehnung der alten Gletscher nicht fehlt. Wo uns die Moränen und erraticen Blöcke fehlen, können wir uns auf Gletscherschliffe berufen, selbst auf die einfachen Umrissse der Felsen, die, wenn sie zu Rundhöckern abgerieben sind, für den geübten Beobachter wesentlichen Werth und Beweiskraft haben. Wir glauben wohl jetzt nicht mehr nöthig zu haben, alle die Beweismittel zu wiederholen, welche wir ehemals geltend machten, um festzustellen, dass diese Erscheinungen in der That die Wirkungen von Gletschern sind und durchaus nicht von der Wirkung der Bergwasser oder Strömungen herrühren können, wie man diess vor einem Vierteljahrhundert behauptete.

Es gibt gewisse, gleichsam bevorzugte Gegenden, wo die Zeugen der alten Eiszeit sich alle auf einem Punkte vereinigt finden, wo man erratiche Blöcke oder alte Moränen, mit ihren gestreiften Geschieben auf den geglätteten Felsen ruhend, findet. Aber das sind nur Ausnahmen von der Regel. In manchen Thälern herrschen die geglätteten Felsen, in andern die Moränen oder die vereinzelt erraticen Blöcke vor. Im Allgemeinen finden sich die ersteren vorzugsweise in granitischen Gegenden. Die Bergstöcke des St. Gotthard, der Grimsel, des

Albrun, des Monte Cenere sind in dieser Beziehung klassische Punkte. Der Gneiss steht, was Glättung betrifft, dem Granit nach. Die polirten Flächen und die Streifungen sind häufig undeutlich geworden und es bleiben nur die Umrisse der Felsen in Gestalt von Rundhöckern, so an der Pissevache im Rhonethal, in der Reusschlucht etc. Die Glimmerschiefer und Kalkschiefer sind wegen ihrer zerreiblichen Beschaffenheit für die Erhaltung der Gletscherschliffe noch weniger günstig.

Der Kalkstein bewahrt diese Eindrücke mit bewundernswürdiger Schärfe, jedoch vorzüglich an den Felsköpfen und auf dem Boden der Thäler, wo sie mehr oder weniger geschützt sind; man trifft sie seltener an den regelmässigen Thalgehängen, wo sie in Folge der Verwitterung verschwunden sind, besonders an steilen Abhängen. Dagegen darf man nur weit seltner erwarten, Spuren von Abnutzung durch Gletscher in Thälern zu finden, deren Wände aus weichen Felsarten, wie Flysch, Bündner Schiefer oder Molasse bestehen, wiewohl sich unter besonderen Umständen auch hier solche erhalten haben.

Die Moränen und erratischen Blöcke sind gleichmässiger vertheilt. Man trifft sie im ganzen Alpengebiet; freilich sind manche Gegenden daran reicher als andere. Es gibt Orte, wo sie so zahlreich sind, dass man sie wie Steinbrüche ausbeutet, z. B. am Kirchet bei Meyringen und an mehreren Orten des Unterwallis u. s. w. Anderwärts fallen sie durch ihre sonderbare Lage auf. Man trifft sie z. B. auf schmalen scharfen Gräten, auf felsigen, weit hinausragenden Vorsprüngen, deren Anblick den Gedanken an eine gewaltsame und rasche Bewegung, durch welche sie dahin gekommen sein könnten, gänzlich ausschliesst und vielmehr beweist, dass sie hier langsam und ruhig abgesetzt worden sind. Man hat solche mit dem Ausdruck „hängende Blöcke“, (*blocs perchés*) bezeichnet.

Erratische Becken.

Gegenwärtig, wo die alte Ausdehnung der Gletscher fast ohne allen Widerspruch angenommen ist, und Dank der Sorgfalt und Genauigkeit, womit man alle Thatsachen, welche als Beweis dafür dienen, aufgezeichnet hat, ist man im Stande ihre Grenzen auf beiden Seiten der Alpen zu bezeichnen und man darf sich nicht darauf beschränken, die Anwesenheit einer Moräne oder eines erratischen Blockes auf irgend einem Punkte der Alpen anzugeben. Die Wissenschaft verlangt jetzt mehr. Man will wissen, woher die Trümmer gekommen sind, die man in seiner Umgebung findet, welche Rolle die verschiedenen Gegenden

in dem grossen Drama der Erdgeschichte gespielt haben, welche Beiträge zu den erraticen Erscheinungen die einzelnen Gebirgsstöcke geliefert haben, und man soll wo möglich auch den Weg bezeichnen, auf welchem die erraticen Blöcke an die Orte gekommen sind, wo man sie jetzt findet.

Wenn Bergwasser oder Strömungen, wie man lange geglaubt hat, den Transport der erraticen Blöcke bewirkt hätten, so würde es hinreichen, eine Gruppe oder einen Streif von solchem Material bis zum Ausgang eines Thales zu verfolgen, um sicher zu sein, dass ihr ursprüngliches Lager sich in diesem Becken befinde. Dem ist aber nicht so, wenn man das Eis als bewegendes Mittel annimmt, welches nicht in demselben Maasse den Gesetzen der Schwere unterworfen ist. Mancher Block, den man in dem unteren Theile eines Thales findet, kann sehr wohl von einem benachbarten Wassergebiete aus über ein Joch getragen worden sein. So hat man sich, um ein Beispiel anzuführen, überzeugt, dass in der grossen Eiszeit ein Arm des Aargletschers über das Joch der Grimsel aufstieg, um sich durch den Todensee in das Rhonethal zu senken. Ein Ausläufer des Mont Blanc-Gletschers mischte sich bei Martigny mit den Blöcken, welche der Rhonegletscher von dem Monte Rosa und den Berner Alpen brachte. Im hinteren Valgaine findet man Geschiebe aus dem Praetigau, welche also das Joch von Furna überschritten haben müssen.

Noch weit nothwendiger ist es, die mineralogische Beschaffenheit der Blöcke zu studiren, wenn es sich darum handelt, den Ursprung derjenigen zu erforschen, welche sich in der Ebene oder an den Abhängen des Jura finden. Nur selten fehlt einem Landstrich irgend eine charakteristische Felsart. Solche sind z. B. die Conglomerate von Valorsine in der Centralmasse des Montblanc, die Talkgranite der Walliser Alpen, der Gabbro des Saasthales, die Roflagesteine, Juliergranite und grünen Schiefer der Rhätischen Alpen. Aber wenn auch solche charakteristische Felsarten fehlen, weichen doch fast immer selbst die gemeinsten Gesteine von einem District zum Andern hinreichend von einander ab, um daraus auf ihre Stammorte zu schliessen. So ist der Granit des St. Gotthard nicht derselbe wie der auf der Grimsel, er unterscheidet sich auch von dem Juliergranit, welcher wieder von dem Pontegliasgranit im Vorderrheinthal gänzlich abweicht. Jede dieser Abänderungen trägt gleichsam ihren Heimathschein bei sich; man braucht diesen nur zu entziffern. Dies hat man in der Schweiz seit etwa einem Vierteljahrhundert gethan und fängt an, es in Italien, in Frankreich und Deutschland ebenfalls zu thun.

Wenn die alten Gletscher sich in ihren Wirkungen wie die jetzigen verhielten, so mussten sie, beladen mit Felstrümmern des inneren Hochgebirgs an die Ausgänge der Thäler gelangen. Statt sich nur bei ihrer Begegnung zu mischen, wie dies Flussgeschiebe gethan haben würden, haben sie sich einfach neben einander gelegt; ihre Moränen und die vereinzelt Trümmer, womit sie bedeckt waren, haben ihre Lage behalten, mit Ausnahme der Seitenmoränen, die sich auf der Berührungslinie gemischt haben. Als später die Gletscher wegschmolzen, sind die Moränen liegen geblieben, als Zeugen der Anwesenheit des Gletschers, dessen jeweiliger Umriss ausserdem durch die Endmoräne angegeben wird. Vermittelst der Blöcke und Geschiebe, deren Stammorte in den Gebirgen man kennt, und die nicht anders als in einer bestimmten Richtung gekommen sein können, ist man nicht ohne Mühe dahin gelangt, die verschiedenen Gebiete zu bestimmen, welche dem alten Eismeer ihre Zuflüsse lieferten. Es sind dies die erratischen Regionen, oder erratischen Becken, deren man sieben auf dem Nordabhang der Alpen unterschieden hat, nämlich die der Isère, Arve, Rhone, Aar, Reuss, Limmat und Rhein. Diese Resultate, welche sich aus den fleissigen Arbeiten der Herren Guyot*) und Escher von der Linth ergeben, sind von dem letzteren Geologen in einer Specialkarte zusammengetragen, welche die erratische Karte der Schweiz ist**).

Erratische Becken der italienischen Seite.

Auf dem Italien zugekehrten Abhänge der Alpen gehen die erratischen Ablagerungen nur wenig über die Ausmündungen der grossen Thäler hinaus. Ihre Begrenzung bietet daher geringere Schwierigkeiten, und es ist wahrscheinlich, dass man viele Zweifel und Streitigkeiten vermieden haben würde, wenn man das Studium der erratischen Erscheinungen auf dieser Seite angefangen hätte. Wenn auch die Ergebnisse etwas spät gekommen sind, so ist doch ihre Wichtigkeit um so grösser, wegen der vollkommenen Bestätigung, welche durch sie den vorausgegangenen Studien gegeben worden ist. Dank den Arbeiten der italienischen und französischen Geologen, besonders der Herren Gastaldi, Martins, Omboni, Villa, Catullo, Paglia,

*) Bülletin de la soc. des sc. nat. de Neuchâtel. Tome I & II.

***) Zwei geologische Vorträge. Zürich 1852. Wir glauben zu wissen, dass die Schweizerische geologische Commission beabsichtigt, demnächst eine erratische Karte in grösserem Massstabe herauszugeben.

Stoppani, Pirona, Zollikofer und besonders G. de Mortillet, kennen wir jetzt das Gebiet der erratischen Erscheinungen auf der Südseite der Alpen ebenso gut wie das auf der Nordseite. *) Wir wissen jetzt, dass die alten Gletscher sämtliche Thäler ausgefüllt haben, von der Stura im Südwesten an bis zum Tagliamento im Osten. Aber nur die grössten haben ihre Eismassen bis in die Ebenen vorge-schoben. Es sind dies die Thäler der Dora Riparia, der Dora Baltea, der Toce, des Tessin, des Oglio, der Etsch und des Tagliamento. Wie Herr Mortillet sehr richtig angibt, haben sich die grossen Gletscher, nachdem sie lange in den engen Alpentälern zusammengedrängt waren, unten weit ausgebreitet und die Endmoränen haben dort grosse halb-kreisförmige, zuweilen fast runde Umwallungen gebildet, welche Herr Gastaldi Gletscher-Amphitheater genannt hat. Solche sind die von Ivrea und die am Ende der Gardasees. Wir brauchen kaum zu bemerken, dass um so ansehnliche Schuttmassen, wahre Hügel, anzu-häufen wie die von Ivrea, der Gletscher sehr lange an dieser Stelle hat stillstehen müssen, aber es folgt daraus nicht, dass diese Schutt-hügel die äusserste Gletschergrenze bezeichnen. Sie geben vielmehr nur den Ort an, wo er zuerst zur Ruhe kam; aber er konnte sehr wohl zeitweilig weiter fortrücken und als Beweis seiner Anwesen-heit an solchen Stellen nur vereinzelte Blöcke und Geschiebflächen zurücklassen. **)

Phasen der Eiszeit.

Wer die mechanische Thätigkeit der gegenwärtigen Gletscher kennt, dem wird es klar geworden sein, dass die Fortschiebung von Blöcken aus dem Mittelpunkt der Alpen bis in die Lombardische Ebene oder bis an die Gehänge des Jura nur langsam und schrittweise stattfinden konnte. Wir sind weit entfernt von der Zeit, wo man sich vorstellte, der bekannte Block von Pierre-à-Bot bei Neuchâtel sei von

*) Siehe Omboni, Il terreno erratico della Lombardia. Atti della Soc. Ital. di sc. nat. Band 2 mit Karte. — G. de Mortillet, Carte des anciens glaciers du versant italien des Alpes. ibid vol. 3.

**) Wir müssen hier bemerken, dass die Ansicht der HH. Gastaldi und Martins, nach welchen die Alpengletscher bis zu dem Hügel von Turin vorgerückt wären und daselbst erratische Blöcke abgesetzt hätten, von einem dieser Herren neulich zu-rückgenommen worden ist. (B. Gastaldi, Sulla escavazione dei bacini lacustri. Atti della società italiana di sc. natur. Vol. 5 1863.

der Spitze von Ornex, in der Mont Blanc-Kette, bis in seine jetzige Lagerstätte herabgeglitten. Wenn man uns unsere eigenen Erfahrungen vorhält, denen zu Folge die Bewegung eines Gletschers in geradem Verhältniss zu seiner Dicke steht, so antworten wir, dass selbst unter solchen Bedingungen (d. h. bei der Voraussetzung einer drei- und vierfach stärkeren Geschwindigkeit als die ist, mit welcher jetzt unsere schnellsten Gletscher fortschreiten) die alten Gletscher eine sehr ansehnliche Zeit, vielleicht eine Reihe von Jahrhunderten gebraucht haben müssen, um Blöcke aus den centralen Theilen der Alpen bis an den Fuss des Jura zu bringen. Es handelt sich also um eine Periode, um eine Entwicklungsphase der Erdgeschichte und nicht um ein einzelnes Ereigniss, oder eine plötzlich eingetretene Katastrophe. Zugleich ist offenbar, dass die Alpen und ihre Vorstufen sich nicht mit Eis bedecken konnten, ohne eine sehr bedeutende Veränderung im Klima und folgerecht auch in der Thier- und Pflanzenwelt unseres Continents hervorzurufen. Eine grosse Zahl von Arten werden diesen Einflüssen nicht widerstanden haben, andere mögen ausgewandert sein oder sich vielleicht auch unter Einfluss neuer Lebensverhältnisse umgewandelt haben.

Jedenfalls sehen wir, nachdem die Alpen ihre Eisdecke abgeworfen und die Gletscher sich in ihre jetzigen Sitze zurückgezogen hatten, andere Arten organischer Wesen an die Stelle derjenigen aus der tertiären Zeit treten. Die Fauna und Flora haben ein ganz anderes Gepräge. Unter der Zahl der ältesten Thiere, welche wir auftreten sehen, nennen wir das Mammuth (*Elephas primigenius*), das sich bei uns nur in dem durch die Wasser umgelagerten Kies der Gletscherperiode findet. Der Rückzug der grossen Eismassen ist aber kein plötzlicher gewesen. Er ist nach und nach erfolgt. Ausserdem hat es während dieser Zeit des Rückschreitens Zeiträume des Stillstehens gegeben, während welcher mächtige Steinmoränen sich am Vorderrand der Gletscher aufhäufen konnten. Es sind dieses ebenso viele Entwicklungsstadien aus der Zeit des verschwindenden Eises, während deren unser Boden eine Menge Veränderungen erfahren musste.

Die Untersuchungen in den letzten Jahren haben ausserdem mehrere unerwartete Thatsachen herausgestellt, aus denen hervorzugehen scheint, dass die Gletscher während der Zeit ihrer grossen Ausdehnung ähnlichen Schwankungen unterworfen waren wie unsere jetzigen Gletscher, so dass sie zeitweilig das eine oder andere Gebiet verlassen hätten, um es nach einiger Zeit auf's Neue einzunehmen. Diese Schwankungen und die daraus abzuleitenden Folgerungen sind in

diesem Augenblick ein Gegenstand mehrfacher Discussionen unter den Geologen.

Hätten die Gletscher sich auf regelmässige Weise und ohne Schwankungen zurückgezogen, so würden die erraticen Ablagerungen, welche ihre damalige Anwesenheit bezeugen, in einer bestimmten Folge über einander liegen. In jenen Thalgründen würde man die Grundmoräne mit ihrem Lehm und abgerundeten Blöcken jeder Grösse, hier und da aber eckige Blöcke finden, als Reste alter Mittel- oder Seitenmoränen. Wären nachher diese Trümmer von den Bergwassern aufs Neue bearbeitet worden, so würden sie etwas gleichförmiger erscheinen und zum Beweise, dass das Wasser auf sie gewirkt, jene unregelmässige Schichtung zeigen, die man als Uebergusschichtung (*stratification torrentielle* oder *crossstratification* der Engländer) bezeichnet hat.

In der Wirklichkeit erscheinen aber die Dinge nicht immer auf diese Weise. Auf den aus Molasse bestehenden Strichen der Ebene und auf den einigermaassen ausgedehnten Terrassen unserer Alpen findet man zwar immer und ohne Ausnahme den Lehm mit den gerollten Geschieben als Grundlage der erraticen Massen.*) In den Thälern dagegen ist dies nicht immer der Fall. So finden sich in der Gegend von Genf Geschiebe und Kies mit Schichtung im Grund der erraticen Ablagerungen. Die geschichteten Lager sind von Lehm und geritzten Geschieben bedeckt, wie das schon lange Necker de Saussure und nach ihm die Herren Favre und Vogt angaben. Indem Necker als Grundlage seiner Schlussfolgerungen die Gegend von Genf nahm, hatte dieser sonst sehr gewissenhafte Geologe vorausgesetzt, dass den erraticen Geschieben oder dem Diluvium überall die Bildung einer Alluvialmasse vorausgegangen sei, welche nicht zu dem Alluvium der modernen Zeit gezogen werden könne, da sie von dem erraticen Lehm bedeckt ist. Er bezeichnete sie als altes Alluvium (*alluvion ancienne*).**)

Die Schwierigkeit würde übrigens nicht sehr gross sein, wenn es sich nur um die Gegend von Genf handelte. Dort findet der Zusammenfluss von zwei grossen Flüssen, der Rhone und Arve, statt, welche zwei grossen Gletschern der Eiszeit entsprechen. Es ist aber

*) Diess ist auch in den Vogesen, im Jura und in den Alpen der Dauphiné der Fall.

**) Anderwärts, namentlich in der Dauphiné hat man seitdem diesen Namen den Schichten mit geritzten Geschieben oder unterem Diluvium des H. S. Gras gegeben.

nicht wahrscheinlich, dass diese beiden Gletscher Genf gleichzeitig erreicht haben. So konnte z. B. der Rhonegletscher schon das ganz Becken des Sees einnehmen, während der Arvegletscher sich noch in Bonneville befand. Während dieser Zeit waren die Wasser der Arve nicht unthätig, und man begreift wohl, dass dieselbe mittlerweile ihre Geschiebe schichtweise in der Einsenkung, welche sie von der Rhone trennt, ablagern konnte. Später erreichte der immer fort vorrückende Arvegletscher den der Rhone, und beide zusammen fuhren fort gegen den Jura vorzurücken, indem sie mit ihrer Grundmoräne, d. h. mit Lehm und geritzten Geschieben (Diluvium Neckers) den Raum bedeckten, auf welchem bisher der Fluss Kies und Geschiebe, (die alten Alluvionen) niedergeschlagen hatte.

An anderen Orten können solche Wechsel das Ergebniss von Schwankungen in der Ausdehnung der Gletscher während der Periode der Abnahme und des Rückzuges des Eises gewesen sein. So können wir recht wohl zugeben, dass die Lager von erraticem Lehm, welche bei Montreux das sogenannte alte Alluvium bedecken, von einem abermaligen Vorrücken des Rhonegletschers herrühren, welcher in den bereits verlassenen Gegenden zum zweiten Male eingedrungen wäre und das einstweilen von dem Wasser bearbeitete Geschiebe mit einer neuen Lehmschicht bedeckt hätte. Diese Erscheinung veranlasste die Herren Morlot*) und Sc. Gras**) eine zweite Eiszeit anzunehmen, welche auch von H. Heer befürwortet wird. Für uns ist dies bloss ein Zwischenfall, gleichsam eine Episode in der Rückzugsperiode.

Ein noch schlagenderes Beispiel von der Wichtigkeit solcher Episoden geben uns die Papierkohlen von Wetzikon, Uznach und Dürnten im Kanton Zürich. Diese Kohlen, welche man seit langer Zeit ausbeutet und welche ein treffliches Brennmaterial liefern, sind von Geschieblagern bedeckt, auf welchen man erratische Blöcke findet. Nach Allem, was wir oben auseinander gesetzt haben, können diese Blöcke nicht wohl anders als erratic sein. Man hätte daraus schliessen können, dass diese Kohlen, eben darum, weil sie darunter liegen, anderen Perioden angehörten, dass sie möglicherweise zu den Pliocänbildungen gehören. Aber die darin eingeschlossenen Reste von

*) A. Morlot, Note sur la subdivision du terrain quaternaire. Biblioth. univers. de Genève Mai 1855.

**) S. Gras, Sur la nécessité d'admettre deux époques glaciaires dans le terrain quaternaire des Alpes. Archives de la Biblioth. univ. Mai 1855.

Pflanzen und Insekten sind, nach Herrn Heer, dieselben, welche unsere jetzige Periode aufweist, und beweisen damit ein dem unsrigen ähnliches Klima, nicht aber ein heisseres, wie dasjenige der Tertiär-Zeit. Es war dies eine ungelöste Schwierigkeit, welche ganz in neuester Zeit beseitigt worden ist, und zwar durch die Entdeckung von Herrn Messikommer, welcher erratiche Blöcke auch unter der Kohle von Wetzikon fand. Dadurch haben wir nun Beweise für den alten Gletscher auf zwei verschiedenen Höhestufen, welche durch Lager von Kohlen getrennt sind. Es ist wahrscheinlich, dass die unteren erratiche Massen die erste grosse Ausdehnung des Eises bezeichnen. Dieses zog sich dann nach und nach zurück; aber während dieses Rückzuges gab es Zeiten des Stillstehens. Während einer dieser Perioden der Ruhe haben sich die Kohlenbänke abgelagert, deren Regelmässigkeit auf eine langsame und stetige Bildungsweise hindeutet, welche eine Reihe von Jahrhunderten erforderte. Nach dieser Periode der Ruhe kam neue Thätigkeit in den Gang des Eises. Dieses rückte noch einmal vor und diesem neuen Vordringen muss man die Blöcke und Haufwerke von Geschieben zuschreiben, welche die Kohlen bedecken, wenn sie nicht etwa durch schwimmende Eismassen dahin gebracht worden sind.

Aehnliche Beziehungen der erratiche Blöcke zum älteren Diluvium erweisen sich in manchen Theilen der Schweizer Ebene, besonders im Aargau, im Rheinbecken nördlich vom Bodensee. Auch in der Bayrischen Hochebene sind die Diluvial-Gebilde meist unregelmässig geschichtet und zu einer Art Nagelfluh zusammengekittet. Ueber denselben findet man die erratiche Blöcke an der Oberfläche zerstreut, meist in einzelnen Zügen, wie dies aus der schönen geologischen Karte des Königreichs Bayern, von Herrn Bergrath Gumbel, deutlich zu ersehen ist.

Altes Alluvium auf der italienischen Seite der Alpen. Theorie der Auswühlung durch die Gletscher.

Es ergibt sich aus dem einstimmigen Zeugnis aller Beobachter, welchem wir noch unser eigenes hinzufügen können, dass, auf der italienischen Seite der Alpen, der von Gletschern herrührende Schutt sehr häufig auf Ablagerungen von Geschieben ruht, welche offenbar den Einfluss des Wassers erfahren haben, und oft zu einer Art Conglomerat verbunden sind, welches auffallend der Nagelfluh gleicht, und das wir „erratische Nagelfluh“ (*béton erratique*) nennen möchten.

Wir wollen nicht verhehlen, dass diese Lager von Conglomeraten uns zuweilen durch ihre Mächtigkeit und Ausdehnung in Verlegenheit gebracht haben. Die Frage nach ihrem Alter ergibt sich von selbst und da sie unter dem erratischen Lehm und den Moränen liegen, so scheint es sehr natürlich, sie für älter zu halten. Sie können übrigens nicht mit den miocänen Conglomeraten in der Umgegend von Como verwechselt werden, da sie immer horizontale Lager haben, während die letzteren aufgerichtet sind. Die italienischen Geologen sind dadurch veranlasst worden, daraus eine Mittelstufe zwischen Tertiärland und erratischen Bildungen zu machen, welche in vieler Beziehung dem alten Alluvium Neckers entspricht.

Wenn man sieht, wie diese Bodenart sich thalabwärts von den Seen fortsetzt (stüdlich vom Lago maggiore, dem Comer- und Iseosee), so ist man natürlich zu der Frage genöthigt, wie es wohl gekommen sei, dass die Seen, welche sich auf ihrem Wege befinden, nicht davon ausgefüllt worden seien? Diese Frage wird eben jetzt sehr lebhaft verhandelt. Herr v. Mortillet, welcher mit grossem Fleiss die erratischen Bildungen auf der Südseite der Alpen studirt hat, ist der Meinung, dass die Seen in der That durch das alte Alluvium, welches der Gletscherzeit vorausgegangen, ausgefüllt worden seien. Als aber die Gletscher selbst zu den Seebecken gelangt seien, hätten sie in diesen lockeren Massen gleichsam eingegraben, dieselben durch Auspflügen weggefegt und dadurch die ursprünglichen Vertiefungen wieder hergestellt. Herr v. Mortillet und Herr Gastaldi *) stützen sich besonders auf die Thatſache, dass sich das alte Alluvium oberhalb sowohl als unterhalb der Seen findet und dass es überall aus denselben Geschieben in denselben Verhältnissen und von demselben relativen Umfange besteht, was nach ihrer Ansicht beweist, dass diese Ablagerung eine zusammenhängende sei und dass daher zur Zeit ihrer Bildung die grossen Seen nicht existirt haben können.

Auf den ersten Anblick hat diese Theorie etwas Verführerisches. Nach genauerer Prüfung fanden wir sie aber ungenügend und bestritten sie hauptsächlich aus folgenden Gründen:

Die jetzigen Gletscher graben den Boden der Thäler, in welchen sie sich fortbewegen, nicht aus. Wenn sie in gewissen Fällen die Felsen im Grund ihres Bettes abreiben und glätten, so ist dies, wie wir oben gesehen haben, kaum anderswo der Fall als da, wo sie auf

*) Gastaldi et Mortillet, Sur l'affouillement glaciaire. Atti della Soc. Ital. 1863.

ein Hinderniss stossen, entweder eine Erhöhung des Bodens oder ein Vorgebirg oder eine Verengung, indem die beiden Ufer der Gletschers sich nähern, um einen Engpass zu bilden. Wenn dagegen ein Gletscher aus einem solchen in eine Erweiterung des Thales übergeht, so findet keine merkliche Reibung statt und weit entfernt darin zu wühlen, schiebt der Gletscher leicht über den Boden weg, indem er oft selbst über die Moränen weggeht, die er früher vor sich aufgehäuft hatte. Davon haben sich alle Mitglieder der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft, die 1863 zu Samaden versammelt waren an den Endpunkten des Morteratsgletschers überzeugen können. Es sind aber die meisten italienischen Seen in Thälern gelegen, die sich von oben nach unten erweitern, und wo daher die alten Gletscher durchaus keine Veranlassung zum Graben hatten. Wir bemerken noch ausserdem, dass, wenn die alten Gletscher wirklich solche Kraft besessen hätten, diese im Verhältniss zu ihrer Grösse hätte stehen müssen, und dann müssten die grössten Seen da sein, wo die grössten Gletscher waren. Statt dessen aber sehen wir, dass dem grössten aller alten Gletscher der italienischen Seite, dem der Dora Baltea, welcher seiner Zeit das Eis des Montblanc und Monte Rosa vereinigte, ganz und gar kein Seebecken entspricht, sowie auch keine solchen sich da finden, wo die Gletscher der Cottischen und Seealpen ausliefen. Es ist augenscheinlich, dass wenn das Ausgraben in der Natur des Gletschereises läge, dieses Resultat sich hier wie anderwärts hätte ergeben müssen.

Wenn aber die Gletscher nicht die Kraft besitzen, Schutt und Ausfüllungsmassen aufzuwühlen, so konnten sie noch viel weniger Seebecken aushölen, wie Herr Ramsay behauptet. Da diese letztere Theorie von mehreren Schriftstellern, namentlich von den Herren Studer und J. Ball siegreich bestritten worden ist, so können wir es wohl unterlassen, sie hier zu verhandeln, indem wir diejenigen, welche diese Frage näher interessirt, auf die Arbeiten unserer beiden gelehrten Freunde verweisen*). Herr Tyndall geht noch weiter als Herr Ramsay. Nach diesem Physiker, welcher sich in anderen Gebieten durch ernste und wichtige Arbeiten einen wohlverdienten Ruf erworben hat, hätten die Gletscher sich nicht darauf beschränkt, Seebecken auszuhölen. Alle Alpenthäler seien vielmehr ihr Werk, so dass vor der Ausbreitung des alten Eises die Alpen nur

*) B. Studer, De l'origine des lacs suisses 1864. Bibl. univ. — J. Ball, On the formation of alpine valleys and alpine lakes, Philosophical Magazine Febr. 1863 p 81.

eine gleichförmige Erhebung ohne Clusen, Comben oder sonstige Thalschluchten irgend einer Art dargestellt hätten. Wir halten es für überflüssig, eine solche Theorie zu widerlegen. So hoch wir auch die Gewalt der Gletscher anschlagen, so glauben wir doch nicht, dass man im Ernst daran denken kann, ihnen solche Kraftäusserungen zuzumuthen.

Theorie des Fortbestandes der Seen.

Es bleibt uns nun noch übrig, zu erklären, wie die Alpenseen fortbestehen konnten, ohne von den erraticen Schuttmassen ausgefüllt zu werden. Es ist offenbar, dass dies nur durch die Wirkung einer allgemeinen Ursache erfolgt sein kann, welche für alle Seen dieselbe gewesen sein muss. Diese Ursache ist aber keine andere, als das Eis selbst. Wenn es wahr ist, dass zu einer bestimmten Zeit die Gletscher sich so hoch erhoben, als wir Gletscherschliffe und Streifungen nachweisen können, wenn sie auf der Südseite der Alpen über den Monte Cenere weggingen, dessen Gipfel ganz zu Rundhöckern abgeschliffen ist, so müssen sie sich zu derselben Zeit sehr weit vorwärts erstreckt haben, so müssen sie in alle nahe liegenden Thäler eingedrungen sein, und müssen endlich auch den Lago maggiore, den Comer See, den Luganer See u. s. w. ausgefüllt haben, wie dies ausserdem die Moränen bezeugen, die sich am Ende dieser Seen finden. Wären die Seen aber einmal mit Eis gefüllt, so konnte Alles, was erratic ist, über dieses Eis hinweggehen. Als später das Eis verschwand, blieben die Seebecken mehr oder weniger unverändert zurück. Man darf aber wohl annehmen, dass gerade weil es auf dem Grunde dieser zum Theil sehr tiefen Behälter geschützt war, das Eis daselbst länger ausgehalten habe, als an den Gehängen der umliegenden Anhöhen. Ansehnliche Bergströme konnten über diese sitzen gebliebenen Eisstöcke weggehen und das von ihnen mitgeführte Material in Form von mehr oder weniger regelmässig geschichteten Geschieben und Kies*) längs der Ufer und bis zum Ende der Seen absetzen* und so einen Gürtel von Alluvium bilden, welcher am Anfang und Ende des Sees, sowie auf dessen seitlichen Ufern von derselben Beschaffenheit ist.

*) Zu derselben Zeit lagerten auch Bergströme und Bäche, welche aus den Thälern und von den Hochflächen der Umgebung kamen, ihr Geschiebe wider den das Seebecken einnehmenden Gletscher ab, und bildeten so geschichtete Massen, wovon viele Beispiele in der Umgebung des Genfer und Neuchateler Sees vorkommen. Siehe R. Blanchet *Bullet. de la soc. des sc. nat. Vaudoise*.

Wenn nun diese Lager von angeschwemmtem Boden irgendwo von Blöcken und Moränen bedeckt sind, so muss man daraus schliessen, dass auch hier ein abermaliges Wachsen des Eises stattgefunden, so dass der Gletscher über die Alluvionen wegging, ohne sie wesentlich in ihrer Lagerung zu stören, wie wir angenommen haben, dass es in der Umgebung von Genf und Uznach geschehen.

Wenn man uns nun fragt, wie es gekommen sei, dass die Wasser, welche zu jeder Zeit aus den Gletschern hervorbrachen, die Seen mit ihrem Schlamm nicht ausgefüllt haben, ehe noch das Eis sie erreichte, so antworten wir, dass wenn auch ein Ausströmen von schlammigem Wasser in allen früheren Perioden stattgefunden hat, dieses während des Vorrückens immerhin schwächer gewesen sein muss, insofern unter diesen Umständen das Schmelzen weniger reichlich sein musste, und zu gleicher Zeit eine weit ansehnlichere Menge Wasser dazu verwandt wurde, den Schnee in Eis umzuwandeln.

Zweitens wissen wir auch, dass am Anfang aller Alpenseen sich ein grosser Strich Landes befindet, von welchem man annimmt, dass er durch die einmündenden Flüsse ausgefüllt worden sei. So am Genfer See auf der Strecke zwischen Bex und Bouveret, am Lago maggiore zwischen Bellinzona und Locarno und besonders in der grössten ganz aus Schlammland bestehenden Ebene stromaufwärts vom Bodensee. Es steht durchaus kein Grund der Ansicht entgegen, dass diese Anschwemmungen theilweise bis in die Zeiten hinaufreichen, wo die alten Gletscher vorrückten.

Theorien zur Erklärung der Eiszeit.

Man kann sich nicht wohl mit den verschiedenen Erscheinungen beschäftigen, die sich an die Ausdehnung der Gletscher knüpfen, ohne nach der Ursache eines so wichtigen Ereignisses zu forschen, welches eine wesentliche Veränderung der äusseren Form sowohl, als der allgemeinen Verhältnisse unsers Landes zur Folge gehabt hat. Diese Frage drängte sich natürlicher Weise denjenigen auf, welche zuerst in dieses Gebiet eindrangen. H. v. Charpentier glaubte, um die Kälte zu erklären, welche ein so bedeutendes Anwachsen des Eises als nothwendig erscheinen lässt, annehmen zu müssen, die Alpen seien anfangs bedeutend höher gewesen, und die Gletscher seien erst dann in ihre jetzige beschränktere Ausdehnung zurückgegangen, nachdem die Berge auf ihre jetzige geringere Höhe zurückgesunken wären.

In Betrachtung der Schwierigkeiten, womit die Annahme dieser Theorie verbunden ist, stand er jedoch nicht an, dieselbe bald wieder aufzugeben.*) Es handelte sich in der That nicht allein darum, das Anwachsen des Eises in den Alpen, sondern auch das der, nicht minder ansehnlichen Gletscher in den Pyrenäen und in Nordeuropa zu erklären. Die höhere Erhebung der Alpen konnte aber unmöglich auf die erratischen Erscheinungen dieser Gegenden bezogen werden, vorausgesetzt auch, dass sie zur Erklärung der grossen Ausdehnung des alpinen Eises ausgereicht hätte. Andere Gelehrte, weniger umsichtig und von den gewagten Ideen der damals herrschenden Naturphilosophie begeistert, behaupteten, dass die Erde, welche sie sich als ein belebtes Wesen dachten, langen periodischen Anwandlungen von Frost (Fieberfrost) unterworfen sei, und dass die Eiszeit eine jener Perioden von Unwohlsein und Frostigkeit bezeichne. Diese Erklärung wurde von den Herren Karl Schimper und Agassiz auf der Naturforscherversammlung zu Neuchatel aufgestellt.

Solche Theorien konnten ernst forschende Geister nicht befriedigen, auch sind sie in unseren Tagen vergessen. Sie haben indess ihren Nutzen gehabt, indem sie die Neugierde anregten und zu weiteren Untersuchungen aufforderten. Nachdem man einmal in das Gebiet der Thatfachen eingetreten war, gefiel man sich darin, man verfolgte sie, ohne sich viel auf die allgemeinen Ursachen einzulassen.

Ein Resultat indess ist erlangt worden; nämlich die Ueberzeugung, dass hier, wie in andern Gebieten der Natur, die Ereignisse nicht plötzlich und unordentlich gekommen sind. Man hat eingesehen, dass die Eiszeit mit ihren Erscheinungen nicht, wie man anfangs annahm, die Folge einer Katastrophe, sondern das Ergebniss langsam wirkender Ursachen gewesen, dass sie mit einem Worte eine ganze an verschiedenen Gestaltungen reiche Periode in sich begreift.

Escher's Theorie.

Es ist klar, dass vor und während der Eiszeit das Klima von Europa viel kälter und ungünstiger hat werden müssen, um damals den Gletschern zu erlauben bis in die Ebene vorzurücken. Von vorn-

*) Die zweite Theorie Charpentiers war nicht geeignet Glück zu machen. Sie schrieb die Ausdehnung der Gletscher der Verdichtung der Dämpfe in den tiefen Spalten zu, welche durch die Erhebung der Alpen entstanden seien. Diese Spalten sind rein hypothetisch.

herein ist man versucht zu glauben, das die Kälte in geradem Verhältniss zum Anwachsen des Eises gestanden haben müsse. Es ist jedoch dieser Schluss nicht streng richtig. Die Studien und Erfahrungen der letzten Jahre haben uns belehrt, dass Vorrücken und Zurückweichen der Gletscher weniger von der mittleren Jahrestemperatur der Orte, als von der Vertheilung der Wärme und Kälte auf die Jahreszeiten abhängen. Wenn ein milder Winter mit reichlichem Schneefall und ein kühler regnerischer Sommer auf einander folgen, so werden die Gletscher wachsen; ist dagegen der Winter sehr kalt und der darauf folgende Sommer sehr heiss, so wird der Erfolg geradezu entgegengesetzt sein, und doch können beide Jahre sehr wohl die gleiche mittlere Jahrestemperatur haben.

Es giebt auf den Alpen eine Menge von Jochen und Hochflächen, welche ungefähr an der Grenze der Schneeschmelze liegen, so dass der Schnee dort liegen bleiben würde, wenn die Sommer etwas weniger warm wären. Man darf annehmen, dass, wenn die nassen Sommer von 1816, 1817 sich noch einige Jahre lang wiederholt hätten, auf mehr als einem Alpenjoch die kleinen Gletscher, welche an den Berghalden herabhängen, sich abwärts bewegt und in der Mitte begegnet haben würden. Dadurch wären grössere Firnmassen entstanden, welche die Hochthäler gefüllt und ihrerseits sich in Gletscher ersten Ranges verwandelt haben würden, ohne dass die mittlere Jahrestemperatur sehr bemerkbare Veränderungen erfahren hätte, so z. B. am Simplon, Bernina; Albrun etc.

Wenden wir diese Thatsachen auf die Eiszeit an, so lässt sich ein sehr bedeutendes Anwachsen des Eises denken, ohne dass es darum nöthig ist, alle Gesetze der Meteorologie über den Haufen zu werfen.

Von diesem Gesichtspunkt unter andern ging unser Freund A. Escher v. d. Linth aus, indem er seine neue Theorie aufstellte, welche das wissenschaftliche Publikum günstig aufzunehmen geneigt scheint. Herr Escher hatte sehr häufig die Wirkungen des Föhn oder Sirocco beobachtet, von welchem man annimmt, dass er aus den afrikanischen Wüsten komme, und vor welchem der Schnee der Alpen mit erstaunlicher Schnelligkeit verschwindet. Er fragte sich daher eines Tages, was wohl geschehen werde, wenn die Sahara aufs Neue vom Meere eingenommen würde. Es ist unzweifelhaft, dass daraus eine sehr wesentliche Veränderung in den klimatischen Verhältnissen unserer Gebirge entstehen müsste. Nicht nur würde von dem Tage an, wo der Wüstenwind fehlte; welchen unsere Hirten als Schneefresser bezeichnen, das Schmelzen des Schnees in sehr starkem Ver-

hältnisse abnehmen, sondern es ist auch wahrscheinlich, dass unter dem Einfluss des vorherrschenden Seewindes, welcher an seine Stelle treten und nothwendig viel feuchter sein würde, die Alpen jährlich mit weit ansehnlicheren Schneemassen belastet werden müssten. Die Folge davon wäre naturgemäss eine verhältnissmässige Vermehrung des Eises, so dass wir sehr leicht erleben könnten, die Gletscher auf's Neue mitten in unsere Felder und Weinberge verschoben zu sehen.

Da uns nun unsere neuesten Untersuchungen in der Sahara die Beweise geliefert haben, dass die Wüste in der That sehr neuen Ursprungs ist,*) da das Meer dort noch während der quaternären Zeit verweilte, so wird es dadurch noch viel wahrscheinlicher, dass die Ausdehnung der alpinen Gletscher sich in gewissem Maasse an das Meer der Sahara anknüpft und dass in natürlicher Folge seine Trockenlegung den alsbaldigen Rückzug des Eises zur Folge haben musste. Und da es sich ausserdem aus unsern Beobachtungen ergibt, dass diese Umgestaltung langsam erfolgt ist, dass die Wüste allmählig nur an die Stelle des Meeres trat, so wird man aus demselben Grunde begreifen, warum der Rückzug der Gletscher ebenfalls allmählig und schrittweise erfolgt ist.

Da wir uns hier nur mit den erratischen Erscheinungen der Alpen zu beschäftigen haben, so könnten wir uns hierauf beschränken, glücklich genug, endlich eine Erklärungsweise gefunden zu haben, welche so vollständig Allem genügt, was die Thatsachen fordern, die wir so eben untersucht haben. Die Frage wird aber verwickelter, wenn man die erratischen Erscheinungen der ganzen Erde in ihrer Gesamtheit betrachtet. Es ist klar, dass, wenn das Anwachsen des Polareises im Norden von Europa und Amerika (ohne von dem zu sprechen, welches seine Spuren im Feuerland und andern Punkten der südlichen Hemisphäre zurückgelassen hat), gleichzeitig mit dem in den Alpen ist, die in der afrikanischen Wüste vorgegangenen Veränderungen nicht mehr ausreichen, um das Räthsel zu lösen. Man muss dann eine allgemeinere Ursache aufsuchen. Aber selbst dann kann bis zu einem gewissen Grade die Sahara auf den Gang der Ereignisse in den Alpen ihren Einfluss geltend gemacht haben.

*) Bulletin de la Soc. des sc. nat. de Neuchâtel 1864.

V. Deutung der Alpen-Seen.

Woher kommt es, fragte eines Tages ein denkender Reisender, dass die Schweiz so reich an Seen ist, während die Vogesen, der Schwarzwald, die Cevennen, die Auvergne und viele andere bergreiche Länder fast keine aufzuweisen haben? Man könnte von vornherein antworten, dass diese Erscheinung mit den Alpen zusammenhänge und einen der zahlreichen Vorzüge jener unvergleichlichen Gebirgskette bilde, an welcher die Natur all ihre Reize verschwendet zu haben scheint. Aber wie kommt es denn, dass die verschiedenen Theile der Alpenkette so ungleich bedacht sind? Es sind namentlich die Schweizer-Alpen, die sich durch die Zahl und Grösse ihrer Seen auszeichnen. Die andern Theile der grossen Kette sind in dieser Hinsicht nichts weniger als bevorzugt. Die Kette der See-Alpen hat nicht einen einzigen See von einiger Bedeutung. Gerade so verhält es sich mit den Cottischen und Grajischen Alpen. Selbst die Penninischen Alpen sind höchst spärlich mit Seen bedacht, und den sonst so herrlichen West-Alpen fehlen sie fast gänzlich. Die östlichen Gebiete der Kette sind kaum mehr begünstigt. Das ganze grosse Flussgebiet der Etsch mit den Trientiner Alpen hat nur einige kleine Seen aufzuweisen, dergleichen die Karnischen Alpen. Nur die Kärnthner Alpen sind in dieser Hinsicht etwas bevorzugt (Wörther-, Gmünder-, Weissen-See). Den Julischen Alpen gehen sie dagegen ganz ab, ebenso den Dinarischen Alpen, welche Illyrien durchschneiden. Dagegen besitzen wieder die Baiarischen und Salzburger Alpen eine Anzahl schöner Seen. In Baiern sind dies der Tegern-, der Walcher-, der Ammer-, der Wurm-, der Chiem-See; in Ober-Oesterreich der Atter-, Traun- und der Mondsee, und in Nieder-Oesterreich der Neusiedler-See, südlich von Wien, welcher nach dem Platten-See der grösste der ganzen österreichischen Monarchie ist.

Offenbar sind die Seen hauptsächlich auf dem mittleren Theile der grossen Alpenkette vereinigt, auf dem südlichen Abhänge der Lepontinischen Alpen und auf dem nördlichen der Berner- oder Schweizer-Alpen. Es wäre vielleicht interessant, sogleich der Ursache dieser eigenthümlichen Konzentration nachzuforschen. Dazu müssten wir indess in ein Gebiet eintreten, das noch zu wenig erforscht ist. Unter anderen

Fragen drängt sich dabei diejenige auf, ob die Häufigkeit der Seen nicht etwa durch die Lage und Gruppierung der Ketten bedingt ist. Ausserdem wäre zu erforschen, ob es Zufall ist, dass die grössten Seen den grössten Flüssen entsprechen, so der Bodensee dem Rhein, der Genfer-See der Rhone, der Vierwaldstädter-See der Reuss, der Züricher-See der Linth u. s. w. Das sind lauter Fragen, die es verdienten, gründlich behandelt zu werden, und welche uns vielleicht dereinst wichtige Aufschlüsse über die mechanischen Gesetze geben werden, die bei der Bildung der Alpen thätig waren.

Indessen ist es ganz augenscheinlich, dass die Alpen-Seen nicht blos der zufälligen Gestaltung der Oberfläche ihre Entstehung verdanken, sie sind vielmehr wesentlich bedingt durch die Beschaffenheit des Bodens. Dies beweist ihre Tiefe, die Mannigfaltigkeit ihrer Ufer und die Beständigkeit ihrer Richtung in gewissen Gegenden. So sind fast sämtliche Seen des südlichen Abhanges der Alpen (die italienischen Seen) von Norden nach Süden gerichtet, umgekehrt ziehen sich diejenigen der östlichen Schweiz, ja sogar die von Baiern und von Ober-Oesterreich von Süden nach Norden, und endlich jene, welche den Fuss des Jura bespülen, von Südwest nach Nordost.

Von all dem wohl zu unterscheiden sind die Seen mit den platten einförmigen Ufern, welche die Ebenen des nördlichen Deutschlands, Polens und Russlands bedecken, oder die sich zu Tausenden anhäufenden Seen in dem sumpfigen Gebiete der Mississipi-Quellen, die nichts weiter als oberflächliche Wasserbecken, dereinst mit der Kultur verschwinden oder doch wenigstens auf eine kleinere Zahl heruntergehen werden. Selbst die grossen canadischen Seen, obgleich sie die unseren an Ausdehnung weit übertreffen, sind doch bei weitem nicht so eigenthümlich. Einige derselben sind sogar sehr seicht, unter andern der Erie-See, der nicht mehr als vierzig Meter Tiefe hat und demnach leicht trocken zu legen wäre, wenn man z. B. die Niagaraschlucht stromaufwärts verlängerte, oder mit andern Worten, wenn man die berühmten Wasserfälle zurückverlegte.

Wohl finden sich auch in der Schweiz, besonders in der Ebene, einige in ihren äusseren Umrissen wenig auffallende und gewissermassen oberflächliche Seen; doch bilden sie nur die Ausnahme von der Regel. Die meisten sind stark gekennzeichnet, indem jeder derselben eine gewisse Individualität behauptet. Man überzeugt sich leicht schon bei dem ersten Blick auf eine Karte, dass diese eigenthümliche Vertheilung und Lage der Wasserbecken mitten in der Gebirgswelt von der Gestaltung der sie umgebenden Gesteinmassen bedingt sein muss. Be-

stimmter noch gestaltet sich dieser Eindruck, wenn man sich an ihren Ufern ergeht oder auf ihren klaren Fluthen sich wiegt. Solche Seen können nicht bloß das Werk einer launischen Fluth sein, sie gehören wirklich zur Architektur der Alpen. Man fühlt das, noch ehe man es versteht. Aber diese unbestimmte, nur aus allgemeiner Anschauung hervorgegangene Ueberzeugung kann den Forscher nicht befriedigen, welcher gerne den Grund der Erscheinungen einsehen möchte. Dies hat uns dazu geleitet, uns die Frage wissenschaftlich zu stellen, und zwar ungefähr auf folgende Weise: Wenn das Gepräge eines jeden unserer Seen von den ihn umgebenden Massen abhängig ist, so muß dieses Gepräge sich durch die Form und die Gebilde der Gebirgszüge erklären (die Orographie und die Geologie); mit andern Worten: Die Gesetze, welche der Gestaltung und Entwicklung der umgebenden Massen zu Grunde liegen, müssen die Erklärung von der Gestalt der Becken liefern und demnach auch von der Physionomie der Seen. Wenn es also verschiedene Typen von Becken gibt, so werden wir auch verschiedene Typen von Seen haben.

Nachdem die Frage so vorgelegt, scheint es natürlich, dass man vor Allem diejenigen unserer Seen in Betracht ziehe, welche den am schärfsten ausgeprägten Charakter darbieten. So wären es denn der Vierwaldstädter, der Langen-, der Comer- und der Luganer-See, bei denen wir zuerst verweilen müssten. In der That beweisen ihre merkwürdig eingeschnittenen Umrisse und die damit übereinstimmende Gestaltung ihrer Felsenufer genugsam ihren Ursprung. Dazu kommt ihre grosse Tiefe bei einer verhältnissmässig geringen Breite, wie sie bei den Seen der Ebene nur höchst selten vorkommt. Die obenangeführten Seen überschreiten nicht nur alle 500 Fuss, mehrere davon vertiefen sich sogar beträchtlich unter die Meeresfläche. In Bezug hierauf werden einige Zahlen beigefügt, die nicht ohne Belang sind.

	Höhe über dem Meere.	Tiefe.
Langen-See . . .	663 Fuss,	2,630 Fuss.
Comer-See . . .	672 „	1,860 „
Garda-See . . .	218 „	919 „
Iseo-See . . .	606 „	1,049 „

Wenn man sich also die Alpen abgetragen und den Boden mit der Meeresfläche gleich gelegt dächte, so würden doch diese vier Seen eine beträchtliche Tiefe behaupten; denn der Langensee besässe noch 1,967 Fuss, der Comer-See 1188, der Garda-See 701 und der Iseo-See 443.

Allerdings verhält es sich nicht ganz gleich auf dem nördlichen Abhang. Mit Ausnahme des Briener-See*), der nach Saussure nicht weniger als 2000 Fuss haben soll, kennen wir auf dieser Seite keinen See, der sich unter die Meeresfläche vertieft. Die, welche sich derselben am meisten nähern, sind der Bodensee mit 964 Fuss nach der Würtemberger Karte und der Genfer See mit 300 Metern oder 1000 Schweizer Fuss nach de la Bèche. Da nun der erstere 1200 Fuss hoch liegt und der letztere 1150 Fuss, so müssten beide verschwinden, wenn man den Boden der Alpen bis auf die Meeresfläche abtrüge. Die Seen, welche inmitten der Alpen liegen, wie der Thuner-, Vierwaldstädter- und Wallen-See, erreichen nicht ganz dieselbe Tiefe. Immerhin würden sie aber, wenn man sie sich trocken gelegt dächte, tiefe, von den Becken der Ebene sehr verschiedene Schluchten zurücklassen.

Wenn an irgend einem Punkte der Zusammenhang der Becken mit den umgebenden Gebirgslinien in die Augen springt, so geschieht es gewiss an den Ufern dieser Seen, denen der Alpencharakter so ganz vorzugsweise aufgedrückt ist. Wir brauchen nur an das Vorgebirge des Beatenbergs, (die Höhe am rechten Ufer des Thuner-Sees) oder an die Kapelle am Fusse des Axenbergs zu erinnern. Dieselben Felsen, die dort die Schneeegränze überragen, steigen hier beinahe senkrecht an die blauen Wasser des Sees herab und kein Mensch zweifelt daran, dass sie sich in grosse Tiefen versenken. Die Bergschlucht setzt sich noch unter dem Wasser fort. Somit ist es klar, dass dieselbe Ursache, welche die Felsen trennte, auch das Becken des Sees geschaffen hat. Wenn also die Schlucht das Erzeugniss einer grossen Erdumwälzung ist, welche der jetzigen Vertheilung des Wassers vorherging, so muss es sich gerade so mit dem Seebecken verhalten. Es sollte mithin genügen, um sich Rechenschaft von dem Ursprunge der Becken zu verschaffen, die bei der Bildung dieser Schluchten thätig gewesen Gesetze zu kennen. Leider ist aber die Orographie der Alpen so verwickelt, dass es oft schwer hält, heimisch zu werden inmitten der Verschiebungen, der Faltungen, Verwerfungen und Umstürzungen, die bei jedem Schritt das Studium der Erhebungen erschweren.

Anders verhält es sich mit dem Jura. Wir hatten schon früher Gelegenheit, die Einfachheit seiner Gebirgsgüge hervorzuheben**). Der

*) Man hat seitdem Zweifel gegen diese Zahl erhoben. Neuere Arbeiten ertheilen ihm nur 500 Fuss.

***) De l'orographie du Jura. Revue Suisse 1856.

Jura ist, in dieser Beziehung eine ausgezeichnete Schule, nicht nur für die Geologie, sondern auch für die Orographie. Die Tiefen sind dort durch den Gebirgsbau bedingt, so gut wie die Höhen, so dass es hinreichend, den Plan des Ganzen zu kennen, um mit Leichtigkeit die Einzelheiten zu verstehen. Aus diesem Grunde dürften die Seen des Jura — obwohl unansehnlich im Vergleich zu den Alpen-Seen — dennoch besser geeignet sein, als Grundlage für eine ausführliche und vergleichende Erörterung zu dienen. Zu diesem Zwecke wollen wir zunächst mit wenigen Worten die Hauptzüge der jurassischen Orographie ins Gedächtniss zurückrufen.

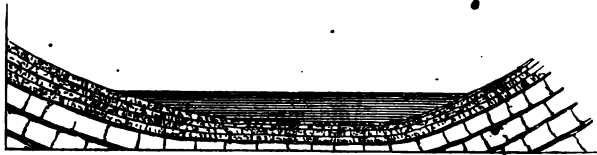
Wer die Kette des Jura aus der Vogelperspective von einem Luftballon aus betrachtete, würde als Hauptzug notiren: gleichlaufende Reihe von Kämmen (die verschiedenen Ketten) durch entsprechende Vertiefungen (die Thäler oder Mulden) getrennt und hie und da querüber auf diesen Kämmen Einschnitte oder tiefe Schluchten, welche die Ketten senkrecht durchschneiden und die verschiedenen Thäler in Verbindung setzen: das sind die Clusen. Diese Clusen oder Querrisse werden einen von den Mulden sehr verschiedenen Charakter haben, sie werden viel wechsellvoller und mannigfaltiger erscheinen. Die Mulde dagegen ist eine Falte mit einander entgegen laufenden Gehängen (eine synklinale Vertiefung), welche im Allgemeinen ihre grösste Weite und ihre grösste Tiefe in der Mitte erreicht und sich allmählig an den Rändern und gegen beide Enden erhebt, wie das Innere eines Kahnens. Endlich gibt es eine zweite Art von Längsthälern mit gleichlaufenden Gehängen (isoklinale Vertiefungen), welche die Bewohner des Jura sehr wohl von den Mulden zu unterscheiden wissen: es ist die Combe. Sie entsteht durch Längsrisse auf dem Gipfel oder an der Seite der Ketten durch deren Klaffen gleichsam die Eingeweide der Berge blossgelegt werden. Sind nun die so blossgelegten Schichten von lockerer und weicher Beschaffenheit, z. B. Mergel, so geschieht es häufig, dass sie von den Atmosphäriken angefressen und weggeschwemmt werden. Es entstehen dann Vertiefungen gleichlaufend mit der Längsrichtung, wie die Mulden, aber doch von ganz anderem Charakter. Ihre Gehänge haben nicht mehr die Einförmigkeit der Mulden und die Schichten, anstatt auf beiden Seiten einander zu entsprechen, werden im Gegentheil sehr ungleichartig sein: Häufig ist die eine Thalseite regelmässig ansteigend, während die andere schroff oder treppenförmig abgestuft erscheint. Zuweilen kommt es vor, dass die Comben plötzlich endigen, in der Gestalt von Amphitheatern, wel-

chen dann der Name Circus beigelegt wird. Das Creux-du-Vent im Kanton Neuchatel, ist eines der schönsten Beispiele dieser Art.

Denken wir uns nun diese so verschiedenartig gestalteten Vertiefungen mit Wasser angefüllt, so ist es einleuchtend, dass die daraus entstehenden Seen eine sehr verschiedene Physionomie haben werden, je nachdem sie das Becken einer Mulde, einer Cluse oder einer Combe ausfüllen.

Die Mulden-Seen (Fig. 8.) haben in der Regel nur eine geringe Tiefe mit mehr oder weniger einförmigen Umrissen; ihre Ufer sind eintönig, bisweilen sumpfig, es sei denn, dass die sie umfassenden Gehänge sehr stark geneigt sind. In diesem Falle mögen sie wechselvoller, aber doch niemals sehr malerisch sein.

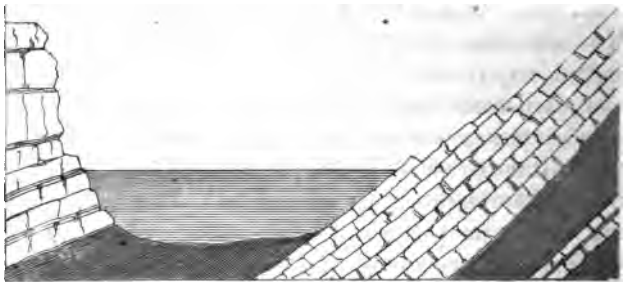
Fig. 8.



Die Clusen-Seen sind ausgezeichnet durch ihre schroffen, oft senkrechten Ufer, mit zahlreichen Vorsprüngen und Buchten; meistens sind sie tief und sehr malerisch. (Fig. 10.)

Die Comben-Seen (Fig. 9) endlich erstrecken sich hauptsächlich in der Richtung der Ketten, wie die Mulden-Seen, aber ihre Ufer, anstatt sich auf beiden Seiten gleich zu bleiben, werden in Gestalt und Beschaffenheit mannigfache Contraste darbieten.

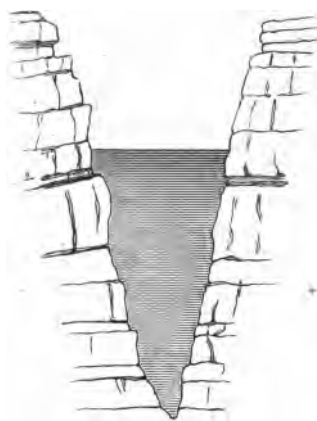
Fig. 9.



Von diesen drei Hauptformen der Seen, die alle drei ihre Begründung in der Bildung der jurassischen Berge haben, mithin or-

graphische Seen im ächten Sinne sind, kennen wir in dem Jura nur die Mulden- und Clusenform. Der Joux-, Bourget- und Saint-Point-See sind ausgezeichnete Beispiele von Mulden-Seen. Sie gleichen sich auch alle. Betrachtet man aber zum Gegensatz den kleinen See bei Brenets im Kanton Neuchatel, welcher ein Unterschied! Anstatt der flachen und schlammigen Ufer thürmen sich hier auf beiden Seiten gewaltige Felsmassen auf einander, wie die Wände einer tiefen Schlucht einander entsprechend. Und was ist in der That der See von Brenets anderes, als eine Schlucht durch das Gewölbe einer jurassischen Kette, ein ausgezeichneter Clusen-See, mit allen Reizen die diesen Becken eigen sind!

Fig. 10.



Wenn aber diese drei Typen der Mulden-, Clusen- und Comben-Seen innigst mit dem Bau der Berge verknüpft sind, wenn es mit andern Worten orographische Seen sind, so dürften wir erwarten, sie in anderen Bergketten wiederzufinden, in denen ähnliche Erhebungen und Faltungen vorkommen. Wir haben bereits darauf aufmerksam gemacht, dass in den Alpen die orographischen Erscheinungen verwickelter sind, als in dem Jura. Dort umfassen die Hebungen nicht allein ein weit grösseres Feld, es muss auch die hebende und faltende Kraft eine weit intensivere gewesen sein, um die Erdrinde zu solcher Höhe hinauf zu treiben. Dadurch sind aber Verwickelungen aller Art entstanden. Wer je auf einem der höchsten Alpengipfel, auf der Jungfrau oder dem Galenstock unter seinen Füßen das Heer von Zinken, Hörnern, Graten, in einem bunten Durcheinander aus der Mitte des Gletschermeeres sich erheben sah, wird begreifen, mit welchen Schwierigkeiten das Aufsuchen eines Planes in dem so zerrütteten und verworrenen Gebäude der Alpenerhebungen verbunden ist. So verworren ist in der That das Gebäude, dass die einfachsten Züge wie z. B. die Gegensätze zwischen Grat und Combe, zwischen Gewölbe und Mulde unkenntlich werden. Es kann sogar vorkommen, dass in Folge von Verschiebungen und seitlichem Drucke die Mulde vollkommen verschwindet, so dass gar keine Spur von Vertiefung mehr vorhanden

ist, und sie nur noch für das Auge des geübten Geologen erkennbar ist.

Und dennoch ist es den Geologen gelungen, trotz aller diese Verwerfungen, Verschiebungen und Zertrümmerungen; dieselben allgemeinen Gesetze, welche der Bildung der Juraberge zu Grunde liegen auch auf die Alpen anzuwenden. Auch hier finden wir (wenn schon nicht gerade in den Centralmassen, so doch in den äusseren Ketten) die Erhebungen oder Falten mit ihren Gewölben und Mulden, ihren Clusen und Comben. Mithin ist zu erwarten, dass auch die Wasserbecken, welche diese Vertiefungen ausfüllen, ihrem orographischen Typus entsprechen werden. Die Clusen-Seen werden nothwendiger Weise die Ketten der Berge senkrecht durchschneiden, während die Mulden- und Comben-Seen mit ihnen gleichlaufen werden. Die ersteren werden weniger gleichmässig, schärfer gezeichnet und zum Theil malerischer sein.

Wenden wir uns nun mit diesen Resultaten zu den Alpen, um zu sehen, welche der drei Typen dort vertreten sind. Auf dem südlichen Abhang finden wir den Orta-, Langen-, Lugano-, Comer-, Iseo-, Idro-, Garda-See und noch einige andere kleine Seen. Die meisten dieser Seen gleichen sich, ob man sie im Kahne durchheile oder man sich darauf beschränke, sie auf guten Karten zu studiren. Alle durchschneiden die Alpen in senkrechter Richtung, alle sind zugleich schmal, tief und berühmt durch ihre schönen Ufer. Man erräth schon, dass es Clusen-Seen sind.

Auf dem entgegengesetzten Abhange der Alpen finden wir einerseits die eigentlichen Schweizer-Seen, die an Schönheit denen des südlichen Abhanges keineswegs nachstehen und zugleich einen Schatz von grossen geschichtlichen Erinnerungen aufbewahren, andererseits die Seen des Baiarischen und Oesterreichischen Alpenlandes.

Um uns nicht zu gewagten und unzulässigen Verallgemeinerungen, zu unstatthaften Vergleichen verleiten zu lassen, wollen wir damit beginnen, den bestimmten Unterschied der Berg-Seen von denen der Ebene hervorzuheben. Vor der Hand lassen wir die letzteren, mit welchen wir uns später beschäftigen werden, noch bei Seite und untersuchen zuerst diejenigen des äusseren Alpengürtels.

Die Berg-Seen.

Was zunächst bei dem Vergleiche der Seen beider Abhänge auffällt, ist die viel mannigfaltigere Richtung der Schweizer-Seen im Ver-

gleich zur den italienischen. Dort auf dem südlichen Abhange verhalten sich alle Seen senkrecht zu der Kette der Alpen, hier sind sie ihr zum grossen Theile gleichlaufend. *) Dadurch ist hinlänglich bezeichnet, dass sie orographisch verschieden sind. Clusen-Seen sind der kleine Lowerzer-See, ein Theil des Annecy-Sees, der obere Theil des Vierwaldstädter-Sees und wohl auch der obere Theil des Züricher-Sees. Der Briener-See, der Wallensee und die kleinen Sarner-Seen sind dagegen Comben-Seen. Dies geht zunächst aus ihrer Richtung hervor: die Letzteren (die Comben-Seen) sind gleichlaufend mit den einschliessenden Ketten, während die Ersteren (die Clusen-Seen), gleich den italienischen Seen, eine entgegengesetzte Richtung behaupten. Und was nun ihre Umrisse anbetrifft, so weiss Jedermann, dass der Annecy-See für einen der schönsten Seen der Alpen gilt. Auch stimmt die ganze Welt damit überein, dass derjenige Theil des Vierwaldstädter-Sees, welcher sich zwischen Flüelen und Brunnen erstreckt und bisweilen als Urner-See bezeichnet wird, der wunderbarste und grossartigste ist. Da haben wir die Cluse. **)

Der Genfer-See ist in gewisser Weise auch ein zusammengesetzter See. Sein oberer Theil, der im Süden durch die Gebirgsmassen der Dent-d'Oche und im Norden durch die Felsen der Dent de Naye begrenzt wird, hat alle Eigenschaften einer weiten Cluse, während von Vevey an und namentlich von Lausanne der Anblick der Ufer sich verändert und der Lemman endlich ganz das Gepräge eines Auswaschungs-Sees an sich trägt. Wenn das grosse Walliser Thal, wie es einige Geologen annehmen, jemals ein See gewesen ist, dann muss er bis

*) Der gleiche Gegensatz existirt auch in den Oestreichischen Alpen zwischen den Kärnthnischen Seen, welche meist parallel mit den Alpen-Ketten sind und den Salzburger Seen, welche die Ketten senkrecht durchschneiden.

**) Damit sei nicht gesagt, als habe der mittlere Theil, welcher sich zwischen Brunnen und Beckenried bis gegen Stanz ausbreitet, nicht auch seine grossen Reize. Man müsste allen Gefühles für das Schöne in der Natur baar und ledig sein, wenn man nicht die herrlichen Ufer bei Beckenried zu schätzen wüsste, mit ihrem frischen Grün, welches gegen die mehr oder weniger steilen Halden absticht, die auf dem jenseitigen Ufer aus der Tiefe des Wassers aufsteigen und ununterbrochen bis zum Gipfel des Hoch-Fluh reichen. Einen ähnlichen Contrast bieten uns in noch grösserem Massstabe die Ufer des Wallensees. Endlich ist der Vierwaldstädter-See auch zum Theil ein Auswaschungs-See, indem sowohl der Luzerner als der Küssnacher Arm aus der Molasse sich ausgehört haben.

Sollte es wohl Zufall sein, dass die schweizerische Unabhängigkeit ihre ersten Wurzeln an den Ufern dieses vor allen Schweizer-Seen durch sein ernstes Gepräge und seine Grossartigkeit ausgezeichneten Wasserbeckens schlagen musste?

St. Moritz die Eigenschaften der Clusen-Seen gehabt haben, während er oberhalb der grossen ellenbogenförmigen Krümmung bei Martigny ein Comben-See war. So muss einst der Bodensee, als er sich bis an den Sentis erstreckte, ein wundervoller Clusen-See gewesen sein, während er heute nur noch ein Auswaschungs-See ist.

Als Beispiele von Mulden-Seen im Bereich der Alpen haben wir nur kleinere Wasserbecken anzuführen, unter andern den Fählen- und Sentis-See, und ebenso nach Hrn. Escher's Angabe den Seealp-See. Auch die Seen des Ober-Engadins sind theilweise hierher zu rechnen, der Silser-, Silvaplana- und St. Moritz-See. Obgleich mitten in den crystallinischen Massen gelegen, gleichen sie mehr oder weniger unseren jurassischen Mulden-Seen, wenn es sich nicht etwa hier um eine grosse Combe handelt.

Endlich gibt es noch eine Menge kleiner Seen in den höchsten Gegenden der Alpen, die nur wegen ihrer Lage beachtenswerth sind, während sie in Wirklichkeit nur mehr oder weniger tiefe Wasserlachen sind. Dazu gehören der Grimsel- und St. Gottharder-See, der Todten-See auf dem Gipfel der Mayenwand, der Monte-Moro-See, der Mont-Cenis-See und viele andere ähnliche Tümpel.

Die Auswaschungs-Seen.

Hier tritt zunächst die Frage auf, wie bei einer solchen Eintheilung die grossen Schweizer-Seen sich verhalten werden, der Genfer-, Neuenburger-, Bieler-, Murten-, der Boden-, der Züricher-See und in Deutschland der Ammer-, Wurm-, Chiem-See, nebst einer Menge kleinerer. Ohne Zweifel wäre ein System, welches dieselben nicht berücksichtigte, keiner Beachtung werth.

Betreffend die Auswaschungs-Seen der Schweiz, so ist vor Allem hervorzuheben, dass bei denselben zwei sehr verschiedene und einander ganz entgegengesetzte Richtungen vorwalten, die eine von Südost nach Nordwest, welche sämmtlichen Seen der östlichen Schweiz gemeinschaftlich ist, vom Bodensee bis zu dem Sempacher-See; die andere von Südwest nach Nordost, welche den Seen der westlichen Schweiz eigen ist, dem Neuenburger-, Bieler-, Murten-See und dem westlichen Theil des Genfer-Sees.

Die Richtung des Letzteren ist genau dieselbe wie diejenige der Seen von Joux und von Saint-Point im Innern des Jura, mit anderen Worten, sie ist die des Jura selbst. Es läge somit der Schluss nahe, dass ihre Richtung durch die Bergkette selbst bedingt ist. Indessen

sind es keine Mulden-Seen, denn sie sind nicht von zwei Bergrücken eingeschlossen und ausserdem sind ihre beiderseitigen Ufer nicht entsprechend. Scheinbar haben sie mit den Comben-Seen mehr Aehnlichkeit, besonders der Bieler- und Neuenburger See, indem sie von einer Seite (auf dem nördlichen Ufer) den Fuss der jurassischen Schichten bespülen, während das entgegengesetzte oder südliche Ufer von dem einförmigen Gestade der Molasse begränzt ist. Auch würden wir sie ohne Bedenken den Comben-Seen beizählen, wenn sie die einzigen ihrer Art wären. Allein wir haben dicht neben ihnen den Murten-See und den westlichen Theil des Genfer-Sees, deren Richtung und Physionomie hinreichend ihren gleichen Ursprung beurdnen. Und gewiss kann man jene nicht für Comben-Seen gelten lassen. Hier waltet zwischen den beiden Ufern kein Gegensatz mehr, wie bei dem Bieler- und Neuenburger-See, der Murten-See liegt vollständig im Gebiete der Molasse, deren Schichten hier deutlich horizontal sind. Somit deutet sein Becken

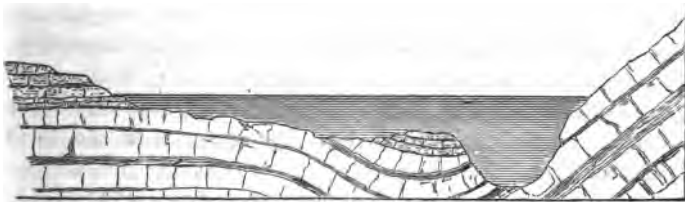
Fig. 11.



auf keine Erhebung, er ist mit einem Worte kein orographischer See, muss also eine einfache Auswaschung in der Molasse sein. (Fig. 11.)

Ganz so verhält es sich mit dem Neuenburger-See. Wenn er ein wirklicher Comben-See wäre, so müsste er genau dem Verlaufe der Molasse folgen und auf seinem nördlichen Ufer nichts als Kalkfelsen mit südlichen Einfallen aufzuweisen haben, während die Molasse auf das jenseitige südliche Ufer beschränkt bliebe. Anstatt dessen finden sich auf dem nördlichen Ufer nicht unbeträchtliche Strecken von Molasse, wie z. B. bei Préfargier, bei Bevaix und auf der Ebene von

Fig. 12.



Grandson, welche nicht vorhanden sein dürften, wenn der See an die Kontaktlinie zwischen Molasse und Jura gebunden wäre. Da nun das Ufer

des Sees nicht dem Verlauf der Tertiärformation entspricht, so ziehen wir hieraus den Schluss, dass der Neuenburger-See kein wirklicher orographischer See (Comben-See) ist, sondern, wie der Murten-See und der westliche Theil des Genfer-Sees, der Klasse der Auswaschungs-Seen sich anschliesst. Er ist in gewisser Hinsicht ein zusammengesetzter See (Fig. 12.), eine Auswaschung an der Grenze zweier Bodenarten. Was von dem Neuenburger-See gilt, muss auch seine Anwendung auf den Bieler-See finden, der ihm zu ähnlich ist, um nicht desselben Ursprungs zu sein.

Was nun die Richtung dieser Seen betrifft, so muss zunächst ihre Uebereinstimmung mit der Richtung des Jura selbst auffallen. Zu welcher Theorie man sich auch bekennen mag, so wird man stets den unzweifelhaften Einfluss, den die Kette auf die Form der Seen ausübte, zu berücksichtigen haben, weshalb wir von nun an sie stets mit dem Namen der Jura-Seen bezeichnen werden.

Die Seen der östlichen schweizer Ebene haben nichts mit dem Jura gemein; ihre Uebereinstimmung verräth uns genugsam, dass eine und dieselbe Ursache bei ihrer Bildung thätig war, dass sie Alle einen gemeinsamen Ursprung haben müssen. Wenn man nur ihre Richtung in Betracht zöge, könnte man sie für Clusen-Seen halten, weil sie zur Kette der Alpen senkrecht gerichtet sind. Allein wir haben schon weiter oben gesehen, dass ein blosser Einschnitt in senkrechter Richtung durch das Streichen der Schichten noch keine Cluse genannt werden kann; es muss derselbe ausserdem einen Gebirgsrücken durchsetzen. Von diesem Gesichtspunkte aus könnten allenfalls der Zuger- und der obere Theil des Züricher-Sees für Clusen-Seen gelten, obwohl sie in das Bereich der Molasse fallen, indem nämlich der erste von der Hebungaxe der Molasse durchschnitten wird (siehe die Karte von Studer und Escher), und der zweite zwischen einem nicht unbedeutenden Höhenzuge eingeschlossen ist, welcher einerseits an die Hohe Rhone, andererseits an die Hohé Lad sich anschliesst.

Der Bodensee hingegen, der untere Theil des Züricher-Sees, die kleineren Seen, wie der Greiffen-See, der Pfäffikon-, Sempacher- und Hallwyler-See sind einfache Auswaschungen in der Molasse oder selbst im Diluvium. Auch erreichen sie im Allgemeinen nicht die Tiefe der orographischen Seen. Selbst die tiefsten unter ihnen, der Boden- und Genfer-See, kommen in dieser Beziehung noch lange nicht den italienischen Seen gleich. Einige sind sogar sehr seicht, wie der Hallwyler-See, von dessen Trockenlegung die Rede ist. Aber was besonders die Auswaschungs-Seen auszeichnet, ist die geringe Mannichfaltigkeit ihrer

oben bemerkten, der wahrscheinliche Ursprung sämtlicher Wasserbecken der östlichen Schweiz. Aber warum hat die Ebene der westlichen Schweiz keine solchen Wasserbecken in der Richtung ihrer Abdachung aufzuweisen? Warum stehen im Gegentheil die Seen dieser Gegend senkrecht zu dieser Abdachung, mit den Bergen gleichlaufend?

Vielleicht versuchen wir es einmal diese Frage zu ergründen, wenn uns ein vollkommeneres hypsometrisches Material zu Gebote stehen wird. Für den Augenblick wollen wir nur hervorheben, dass die ausnahmsweise Richtung der jurassischen Seen nicht allein diesen Becken eigen ist, sondern dass sie auch den Flüssen dieses Theils der Ebene gemeinschaftlich ist. Die Broye, Glane, Saane, Sonnaz, und Sense fließen sämtlich von Südwest nach Nordost, anstatt auf dem kürzesten Wege den Fuss des Jura zu erreichen, wie es die Flüsse der östlichen Schweiz thun. Diese Abweichung hat ohne Zweifel ihren Grund in der Beschaffenheit des Bodens. Um geradenwegs den Fuss des Jura zu erreichen, hätten die obengenannten Flüsse senkrecht die grossen Massen der Meeres-Molasse durchschneiden müssen, welche vom Gipfel des Jorat mit dem Jura gleichlaufend nach Nordost sich hinziehen. Da sie aber diesen Damm nicht zu durchbrechen vermochten, so sind sie den Längsvertiefungen der molassischen Ebene gefolgt, die ihnen einen viel leichtern Ausweg boten.

Wie dem auch sei, es genügt für den Augenblick festgestellt zu haben, dass in der westlichen, wie in der östlichen Schweiz ein unbestrittener Parallelismus zwischen der Richtung der Seen und dem Lauf der Flüsse herrscht. Sind aber die Folgerungen, die wir aus diesem Parallelismus für die östliche Schweiz hergeleitet, richtig, so müssen sie auch in dem westlichen Theile der Schweizerebene ihre Anwendung finden. Bemerken wir noch ausserdem, dass hier der Raum zwischen Alpen und Jura nicht nur enger, sondern dass auch der Höhenunterschied zwischen dem Fuss der beiden Ketten bedeutender ist, als in der östlichen Schweiz. Bei ihrem Austritte aus den Alpen, bei Tour-de-Trême, unweit Bulle, liegt das Bett der Saane 757 Meter hoch; mithin beträgt der Höhenunterschied zwischen diesem Punkte und dem Neuenburger-See bei Estavayer nicht weniger als 322 Meter (die Höhe des letzteren zu 435 Meter angenommen). Nehmen wir für die Entfernung in gerader Linie zwischen diesen beiden Punkten 22,000 Meter an, so erhalten wir im Mittel ein Gefälle von $1\frac{1}{2}$ zu 100. Ganz anders gestalten sich die Verhältnisse in der östlichen Schweiz. Zwischen dem Wasserspiegel der Reuss bei ihrem Austritt aus dem Vierwaldstätter-See bei Luzern und ihrer Meereshöhe

bei Müllingen am Fusse des Jura ist nur ein Unterschied von 108 Meter. Die Entfernung zwischen den beiden Punkten ist dagegen wenigstens 40,000 Meter, woraus sich ein Gefälle von 2,7 zu 1000, oder ungefähr $\frac{1}{4}$ zu 100 ergibt, also sechsmal so schwach als dasjenige zwischen Tour-de-Trême und Estavayer. Dabei ist freilich nicht zu übersehen, dass die Flüsse der westlichen Schweiz einen bedeutenden Umweg zu machen haben, um das Niveau der Seen zu erreichen. Giebt man auch zu, dass durch diesen Umweg der Saane entlang das Gefälle um die Hälfte vermindert werde, mithin anstatt $1\frac{1}{2}$ nur $\frac{3}{4}$ von 100 betrage, so wäre es immer noch dreimal so stark als das der Reuss. Angesichts dieser Verhältnisse ist es eine erlaubte Frage, ob nicht etwa der Mangel an Seen im Kanton Freiburg seinen Grund in dem stärkeren Gefälle dieses Theils der Ebene findet.

Dieser Parallelismus zwischen Flüssen und Auswaschungs-Seen ist nicht weniger auffallend in der bairischen Ebene, wo der Ammer-, Wurm- und Chiem-See gewissermassen nur eine Wiederholung der Seen unserer östlichen Schweiz sind. Den letzteren gleich, sind sie in der Molasse, am Rande der grossen tertiären Ebene ausgehöhlt; wie sie, laufen sie in der Richtung des allgemeinen Gefälls, und wie sie, sind sie wahrscheinlich das Erzeugniss von Aushöhlungen, durch den Andrang von grossen Wassermassen bei der Erhebung der Alpen veranlasst. Der Tegern- und Walcher-See dagegen sind Clusen-Seen, also orographische Seen nach Art der italienischen Seen. Auch derselbe Unterschied herrscht hier in Bezug auf die Umrisse. Die letzteren sind berühmt durch ihre grossartigen und malerischen Ufer, während die andern zwar liebliches aber nichts Imposantes in dieser Beziehung bieten.

Die italienischen Seen.

Gehen wir nun auf die Südseite der Alpen über. Hier ist wohl kein Ort geeigneter, die Beziehungen der Seen zu den sie umgebenden Gebirgen hervorzuheben, kein Ort, der mehr zur Untersuchung dieser Beziehungen einladet, als die Ufer des Luganer-Sees. Nach welcher Seite man hier auch seinen Kahn wende, überall trifft man auf neue, überraschende Aussichten. Einem ungeheuren Polypen gleich streckt der See seine zahlreichen Arme nach allen Richtungen hin aus, bald sich an die senkrechten Felswände stossend, bald fruchtbare Hügelgelande bespügend und bald sich in den Sümpfen des Alluviums unmerklich verlierend. Gewiss ist dies Alles weit verschieden von der gewöhn-

lichen Form der Seen in der Ebene und sogar von vielen Alpenseen auf dem nördlichen Abhange der Kette. Nur der Vierwaldstätter-See könnte in seinen wechsellvollen Gestaden mit dem Luganer-See verglichen werden. Es ist aber gezeigt worden, dass die so mannigfaltige Gestalt des Sees, an welchem die Wiege der schweizerischen Unabhängigkeit gestanden, nicht das Resultat kapriziöser Auswaschung oder zufälliger Aufwühlung sein könne. Wenn der Vierwaldstätter-See so formenreich und malerisch auftritt, so rührt dies daher, dass er alle Typen der Seen in sich vereinigt. Er ist zugleich Clusen-, Comben- und Auswaschungs-See. Selbst die Seen der Lombardei, obgleich berühmt durch ihre Mannigfaltigkeit und ihre schönen Verhältnisse, sind doch viel weniger komplizirt, als der Luganer-See. Doch haben sie eine gewisse Familienähnlichkeit mit ihm gemein, die dem einfachen Touristen ebensowohl wie dem Geologen auffällt. Der Tourist und der Künstler beschränken sich darauf, diese Verwandtschaft anzuerkennen, indem sie die malerischen Punkte bewundern oder sie auf der Leinwand wiederzugeben suchen. Der Geologe kann sich damit nicht begnügen, Er möchte wissen, welches der Familienzug ist, der alle Seen auf dem südlichen Abhange der Alpen kennzeichnet. Erst nachdem er deren gemeinsame Merkmale erkannt und richtig gedeutet; kann er daran denken, die komplizirteren und eigenthümlicheren Formen des Luganer-Sees zu erklären.

Die vorherrschenden Züge der meisten Seen auf dem südlichen Alpenabhange sind 1) ihre fast gleichmässige Richtung von Norden nach Süden; 2) ihre geringe Breite im Verhältniss zu ihrer Länge; 3) ihre sonderbaren Verzweigungen, welche in vielen Beziehungen an die Fjords in Norwegen und die Locks in Schottland erinnern; endlich 4) ihre bedeutende Tiefe.

Ehemals, bevor man im Besitz genauer Karten war, schien es schwer, die Uebereinstimmung dieser Formen mit denen der sie umgebenden Gebirgszüge zu verstehen. Jetzt, da uns gute Karten von beiden Abhängen der Alpen zu Gebote stehen, tritt diese Uebereinstimmung viel genügender hervor. Die italienischen Seen sind senkrechte Einschnitte in den Gebirgsrücken, mit anderen Worten, es sind Clusenseen.

Wir haben gezeigt, dass diese Seen ihrer Natur nach die formenreichsten, folglich die malerischsten sein müssen, weil die Zerklüftung eines Berges, der gewaltsam zerrissen wird, im Verhältniss zur Kraft steht, welche ein solches Zerreißen voraussetzt. Daher diese schroffen Gehänge, die steilen Wände und die mächtigen Tiefen, welche den

Clusenseen eigenthümlich sind. In dieser Beziehung stehen die italienischen Seen den charakteristischen Seen des Nordabhanges in keiner Weise nach.

Mehrere Seen auf der italienischen Seite sind indessen zu ausgedehnt, um nur eine einzige Cluse darzustellen. Der Comer- und der Langensee, welche mehr als zehn Stunden in grader Linie messen, durchschneiden mehrere auf einander folgende, parallele Ketten. Wenn der Seeerschnitt sich immer recht winklig zu den Gebirgsketten verhielte, so wäre nichts leichter als gewissermassen bei jedem Ruderstrich die charakteristischen Merkmale der Cluse zu erkennen, wie z. B. auf dem Comersee zwischen Bellagio und Bellano. Aber selten sind die Clusen vollständig senkrecht, oft sind sie sehr schief. In diesem Falle ist der Uebergang der Cluse in die Combe oder der Cluse in die Mulde nicht immer sehr entschieden. Die Felsen der beiden Ufer entsprechen sich nicht mehr vollkommen, oder doch nur in schiefer Richtung und auf so grosse Entfernungen, dass es einer bedeutenden Uebung bedarf, um sich zurecht zu finden. Der Langensee ist in dieser Beziehung sehr belehrend. Sein unterer Theil, von Sesto-Calende bis Arona, ist blos ein Auswaschungs-See im erraticen und diluvial Terrain. Die Cluse beginnt bei Arona und setzt sich dann, obgleich in schiefer Richtung, bis zu den Borromäischen Inseln und nach Pallanza fort. Von Pallanza ändert sich die frühere Richtung N.-S. in N.-N.-O. — S.-S.-O., fast parallel mit der Richtung der Berge. Das Becken ist keine Cluse mehr, sondern eine Mulde. Von Luino ab bis Ascona wird sie wiederum ungefähr N.-S.; es beginnt damit eine neue, sehr schiefe Cluse. Im oberen Theil des Sees endlich, von Ascona und Locarno bis Magadino und Minusio, sehen wir einen echten Muldensee. Die Mulde oder das Thal verlängert sich sogar bis Bellinzona, wo wiederum die grosse Cluse des Tessins (Val Leventina) beginnt. Man sieht wohl ein, dass die unterscheidenden Merkmale da am schwächsten auftreten, wo man von einer Form in die andere übergeht, so in der Umgegend von Laveno, bei Luino und bei Ascona.

Der Comersee ist weit weniger komplizirt. Er besteht nur aus einer Reihe von Clusen. Der östliche Zweig oder See von Lecco ist in dieser Beziehung der charakteristischste. Der Iseensee ist ebenfalls eine zusammengesetzte Cluse, speziell im oberen Theil; dieser geht erst an seinem äussersten Ende bei Sarnico in die Combe über. Der Gardasee sogar ist trotz seiner Breite nichts Anderes als ein grosser Einschnitt in mehrere Gebirgskette. Die beträchtliche Erweiterung seines unteren Theils könnte dagegen wohl nur das Resultat der concentrischen

Moränen sein, die ihn umgeben, so dass, wenn es möglich wäre, sie fortzuschaffen, man den See bedeutend verschmälern und zugleich tiefer legen könnte.

Hat man diese Merkmale einmal erkannt, so ist es leicht sie zur Erklärung der so komplizirten Gestalt des tessinischen Luganersees anzuwenden. Auf den ersten Anblick wird es uns klar, dass er gleich dem Vierwaldstädter-See mehrere Typen von Seen in sich vereinigt. Zwei seiner Arme folgen in der That der vorherrschenden Richtung von Norden nach Süden. Es sind dies die beiden parallelen Hauptarme; die andern im Gegentheil sind mehr oder weniger senkrecht zu dieser Richtung. Wenn die beiden ersten Clusen sind, so müssen folgerichtig die letzteren entweder Comben oder Mulden sein. Der Arm von Lugano bis Melide hat wirklich ganz das Aussehen einer Cluse. Die Umrisse der Ufer so wie die geologische Beschaffenheit derselben legen Zeugniß dafür ab. Der Arm im Gegentheil, der sich von Lugano bis Porlezza hinzieht, zeigt alle Merkmale einer Combe. Dasselbe ist der Fall mit dem kleinen Arm von Ponte Tresa. Es ist schwerer, den Charakter des südlichen Theils des Luganersees festzustellen, aus dem Grunde, weil die geologischen Verhältnisse hier viel verwickelter sind. Die Theorie, die wir aufstellen, ist in der That ihrem Wesen nach nur auf Flözgebirge anwendbar. Der südliche Ausläufer des Luganersees liegt aber grossentheils im Gebiete der krystallinischen Gesteine, speziell der rothen und schwarzen Porphyre, welche an diesem Orte die orographischen Erscheinungen eigenthümlich komplizirt haben. Deshalb enthalten wir uns auch, denselben in unsere Klassifikation hereinzuziehen, und wir freuen uns, hier anerkennen zu dürfen, dass wenn der Luganersee noch Räthsel für die Geologen darbietet, er um so besser von seiner physischen und geographischen Seite bekannt ist, Dank den unermüdlichen Forschungen des Herrn Dr. Lavizzari. *)

Die Moränen-Seen.

Abgesehen von den drei Grundformen der Gebirgsseen (die Cluse, die Combe und die Mulde), weist uns der südliche Alpenabhang noch einen vierten Typus auf, den Moränensee, der auf der Nordseite der

*) Carta della profondità del Ceresio o lago di Lugano, del Dott. Lavizzari, 1859. Ausnahmsweise ist der Arm des Sees, welcher der Combe (von Lugano bis Porlezza) entspricht, tiefer als die parallelen Arme von Norden nach Süden.

Alpen nur unvollkommen repräsentirt wird. Solches sind im Besondern die kleinen Seen von Pusiano, Annone und Alserio in der Brianza. Es ist wahrscheinlich, dass man auch den See von Comabbio, den von Monate an der äussersten Spitze des Langensees und vielleicht auch den See von Varese in diese Klasse einreihen muss. Alle diese Seen liegen in der Zone der Moränen, an der Grenze ehemaliger Gletscher. Die Moränendämme haben, indem sie mehr oder weniger umfangreiche Stellen absonderten, dieselben in Seen und Teiche verwandelt. Diese Seen sind gewöhnlich von geringer Tiefe, ihre Ufer sind flach und von Torfmooren umgeben. Da sie nur in Folge ihrer Moränendämme existiren, so würde es in vielen Fällen genügen, den Damm zu öffnen, um sie niedriger und sogar trocken zu legen.

Obgleich älter als die ehemaligen Gletscher stehen doch die grossen italienischen Seen in mannigfacher Beziehung zu den erraticen Gebilden. Alle, vom Langensee bis zum Gardasee, sind mehr oder weniger von Moränendämmen umgeben. Der Letztere ist, wie aus den Untersuchungen des Herrn von Mortillet hervorgeht, besonders merkwürdig durch die Ausdehnung und Stärke seiner concentrischen Moränen. Auch der Iseosee stösst an seinem Ende auf grosse Haufen von Diluvial und Gletscherterrain, in Folge dessen sein Niveau höher und ein Theil seiner Ufer in Torfmoore verwandelt werden. Die kleinen Seen, welche sich in einer Kette an den See von Lecco anschliessen und nichts Anderes als Erweiterungen der Adda ausmachen, verdanken ebenfalls ihre Existenz den Moränendämmen. Kaum aber hat die Adda das erratiche Gebiet verlassen, so wird ihr Bett vollkommen regelmässig. Dasselbe lässt sich von dem Ende des Langensees bis Sesto-Calende sagen. *) Wenn man demnach die erraticen Anhäufungen am Ausflusse aller oberitalienischen Seen entfernte, so würde man ihre Ufer damit beträchtlich verändern und zugleich ihr Niveau senken, doch könnte man sie nicht wie die kleinen Seen in der Brianza damit trocken legen, da der grössere Theil derselben eine bedeutende Tiefe erreicht und bis tief unter das Meeresniveau hinabsteigt. Es sind also keine Moränenseen, obgleich die Moränen auf ihre Ausdehnung und ihre gegenwärtigen Umrisse nicht ohne Einfluss geblieben sind.

Abnahme der Seen im Laufe der Zeiten.

Man würde sich irren, wollte man annehmen, die Seen seien heute noch dieselben wie im Anfang, bevor die Gehänge der Alpen mit

*) S. die Karte der ehemaligen Moränen der Lombardei, von Omboni.

Ufer. Anstatt der mächtigen Felsen, die drohend aus der Tiefe des Wassers aufsteigen, haben wir es nur mit einförmigen Gestaden und nur ausnahmsweise mit Hügelreihen zu thun, welche zwar reizende Landschaften bedingen können, wie der Murten- und der Starnberger-See, aber nie jenes Gepräge von Grossartigkeit zeigen, das die Clusen-Seen und manche Comben-Seen so wunderbar auszeichnet. Als ein schönes Beispiel von einem Auswaschungs-See gilt der Züricher-See, der mannigfaltigste unter den Seen dieser Gattung, welcher mit vollem Rechte für den anmuthigsten aller Schweizer-Seen gehalten wird.

Ursprung und Alter der Auswaschungs-Seen.

Es bedarf keiner sehr umfassenden topographischen Studien, um einzusehen, dass die Form und alle Zufälligkeiten der Seen der Ebene durch das Wasser bedingt sind, in sofern nämlich die weichen oder losen Schichten der Molasse oder des Diluviums dem Andränge der Gewässer kein nachhaltiges Hinderniss entgegenzusetzen vermochten. Es sind Auswaschungs-Seen im vollsten Sinne des Wortes, womit vorausgesetzt ist, dass ihre Becken von dem Wasser ausgehöhlt wurden, im Gegensatze zu den Alpen-Seen, die mit der Hebung der Berge selbst zusammenhängen.

Da aber in unsern Tagen die Wasser keine solche Becken mehr aushöhlen, so entsteht die Frage, unter welchen Umständen und zu welcher Zeit diese grossartigen Auswaschungen stattgefunden. Zur Beantwortung dieser Frage sei es uns vergönnt, auf einige der oben berührten geologischen Thatsachen zurückzukommen.

Man weiss, dass eine der letzten grossen Umwälzungen des Erdballs mit dem Transport jener merkwürdigen Granitblöcke zusammenfällt, die man so vielfach in der ganzen Schweizerebene und bis zum Gipfel des Juras hinauf zerstreut findet. Zur Zeit dieses Transports müssen der Jura und die Alpen schon ihre jetzigen Umrisse besessen haben, wie das aus der Vertheilung der Blöcke selbst ersichtlich ist, sowie aus der Art und Weise, wie die Felsen an ihrer Oberfläche abgerieben und geritzt sind, und zwar überall, wo sie mit solchen Anhäufungen erraticer Materialien bedeckt sind, in den Alpen sowohl wie in dem Jura. Diese letzte Kette scheint ganz besonders als Damm gegen die von den Alpen her andringenden Geschiebe und Blöcke gedient zu haben; wenigstens finden sich noch alpinische Blöcke sehr hoch auf den Flanken der äussern Ketten, während nur wenige Spuren davon im Innern des Jura und auf seinem nördlichen Abhange vorkommen.

Unwillkürlich fragt man sich beim Anblick dieser grossen Anhäufungen von fremdartigen Schuttmassen, wie es kommen mag, dass sie, die Ebene überschreitend, nicht alle Vertiefungen, besonders die Seen, ausgefüllt haben. Und weil dem nicht so ist, so gelangt man leicht zu dem Schluss, dass diese Becken zur Zeit des Transports der Alpengerölle noch nicht existirten, dass sie mithin zu einer spätern Zeit ausgehöhlt wurden. Auf den ersten Blick scheint nichts natürlicher als dieser Schluss. Aber welchem Agens soll man diese Aushöhlungen zuschreiben? Dass sie nicht von Strömen herrühren, ist klar. Wie hätte die Rohne, und wäre sie zehnmal mächtiger, den Genfer-See aushöhlen können, oder die Orbe den Neuenburger-, der Rhein den Bodensee? Das Streben der Flüsse geht im Gegentheil dahin, die Becken, in welche sie münden, auszufüllen, wie es der Rhein bei seiner Mündung in den Bodensee, die Rhone am Genfer-See, die Linth früher am Züricher-See und jetzt am Wallensee, die Reuss bei Fluelen etc. beweisen.

Sind aber die Flüsse als Aushöhlungsmittel beseitigt, so bleibt uns nichts übrig, als die Vermittlung irgend einer grossen Wasserfluth anzurufen, die bedeutend genug gewesen wäre, um so tiefe Becken auszuhöhlen, wie das des Boden- und des Genfer-Sees. Nun aber liefert uns die Geologie kein Anzeichen irgend einer heftigen Umwälzung, die nach dem Transport der erraticen Blöcke sich zugetragen hätte, und der man so bedeutende Auswühlungen zuschreiben könnte, wie unsere Seen voraussetzen. Mithin müssen die Seen älter als die Eiszeit sein.

Ist aber dieses einmal festgestellt, so müssen die Seen während des erraticen Transports vorübergehend mit irgend einer Masse angefüllt gewesen sein, die sie vor dem Andrange der Geschiebe geschützt und später verschwunden ist. In der Natur kennen wir aber nur einen Körper, dem eine solche Rolle zukommen könnte, nämlich das Eis. Wie wir oben gesehen haben, ist es wahrscheinlich dass zu jener Zeit die Seen von Gletschern in Beschlag genommen waren, welche den Geröllmassen das Weiterschreiten gestatteten, ohne die Seen auszufüllen. Nachdem das Eis darauf wieder schmolz, überfluthete das Wasser von Neuem die Becken, die Seen gewannen ihre frühere Gestalt, nur dass sie jetzt mit einem Gürtel von erraticen Blöcken und Gerölle versehen, auftreten. Und in der That es bedarf keiner sehr grossen Einbildungskraft, sobald man eine grössere Ausbreitung der Gletscher zulässt, um die Aargletscher bis zu dem Briener-See zu führen, die des St. Gotthards und des Galenstocks bis zum Vierwaldstädter-See, oder die Griesgletscher bis zum Langensee, ja sogar diejenigen vom ganzen Wallis bis hinab zum Genfer-See.

Wenn diese Erklärung für die Bergseen begründet ist, so muss sie ebenso gut auf die Seen der Ebene (die Auswaschungs-Seen) ihre Anwendung finden, zumal man an den Gehängen des Jura dieselben Gletscherreibungen wiederfindet, die überall mit den erraticen Geröllmassen vergesellschaftet sind *). Demnach würde dieselbe Ursache die gleiche Wirkung in der Ebene und in dem Innern der Berge geübt haben. Die Auswaschungs-Seen und die Alpen-Séen wären beide gegen das Ueberfluthen der Alpengerölle durch die grossen Gletscher geschützt worden, über welche jene ihren Weg nahmen. Als weitere Bestätigung liesse sich noch anführen, dass ausserhalb des Bereichs der gletscherartigen und erraticen Ablagerungen der Boden wirklich geebnet und die Vertiefungen durch jüngere Gebilde ausgefüllt sind. Es finden sich da weder Becken noch Seen von irgend einer Bedeutung. Als Beispiel mag die Ebene der Lombardei dienen oder das grosse Rheinthal mit seinen Löss-Gebilden.

Immerhin bietet aber die Entstehung der Auswaschungs-Seen noch einige Schwierigkeit. Es sind uns in der jüngsten Zeit von kompetenter Seite **) gewichtige Einwendungen gemacht worden, die wir nicht unbeachtet lassen dürfen. Unser hochverehrter Freund, Herr Professor B. Studer, hielt uns unsere eigenen Beobachtungen über die geringe Auswaschkraft des fliessenden Wassers entgegen, indem die grössten Flüsse, der Mississippi und der St. Lorenz niemals ihr Bett über die Grenze des Rinnals hinaus wesentlich vertiefen, und selbst der Whirlpool am Niagara die Breite des Strombettes kaum übertrifft. Was aber die Wasser jetzt nicht zu leisten vermögen, das sollen sie auch nicht in früheren Zeiten gethan haben. Somit müsse man für die Seen der Ebene eine andere Erklärung suchen. H. Studer räumt ein, dass sie nicht, wie die Alpenseen, unmittelbar durch die Hebung der Alpen selbst bedingt sein können, da sie sich im Bereiche der jüngeren meist horizontalen und von der Alpenhebung weniger afficirten Gebilde befinden; sie sollen noch weniger Folgen von Auswaschung sein. Mithin bliebe nur eine Erklärungsweise für sie übrig, nämlich die Annahme, dass sie in Folge von Senkungen entstanden. Gerade diese Ansicht scheint uns aber die am wenigsten gerechtfertigte, und

*) Wenn die Spuren dieser Gletscher in der Ebene fehlen, so ist daran die Zusammensetzung der Molasse Schuld, die zu weich ist, um sie aufbewahrt zu haben. Sie treten übrigens überall auf, wo die Molasse durch härtere Schichten ersetzt wird, so auf den molassischen Conglomeraten von Châtel-Saint-Denis und von Vully.

**) B. Studer, De l'origine des lacs suisses. Bibliothèque universelle Tom 19. 1864.

zwar aus mehreren Gründen. Erstens kommen solche lokale Versenkungen nur selten in der Natur vor, am allerwenigsten im Gebiete solcher regelmässig gebildeter, wenig gestörter horizontaler Schichten wie die Molasse, fern von allen vulcanischen und sonstigen störenden Einflüssen. Ferner begriffe man nicht, warum solche Senkungen gerade die Vorstufe der Alpen betroffen hätten, während in einiger Entfernung von derselben in der Bayrischen Ebene (nördlich von München) sowie in der Lombardischen Ebene, keine dergleichen Einsenkungen stattgefunden hätten.

Wenn nun auch gewöhnliche Strömungen zum Auswaschen von grossen Becken wie unsere Seen nicht ausreichen, so ist damit nicht die Möglichkeit ähnlicher Wirkungen bei grossen Umwälzungen wie etwa bei der Erhebung der Alpenkette ausgeschlossen (wie denn überhaupt bei solchen Ereignissen die Eigenschaften der Körper bis zur Unkenntlichkeit gesteigert worden sein mögen). Eine solche Erhebung hat aber sicherlich nicht statthaben können ohne auf die Vertheilung der Gewässer bedeutend einzuwirken. So mögen denn doch gewaltige Fluthungen entstanden sein, die jede in ihrer Richtung den Boden ruckweise tief aufzuwühlen vermochten. Der Genfer See wäre demnach vom Rhonebecken her, der Züricher See von der Linth, der Neuenburger-, Bieler- und Murtener-See durch die gegen den Jura anprallenden und dadurch gegen Nord-Ost abgelenkten Fluthen ausgehöhlt worden. Zu bemerken ist, dass im Allgemeinen die Grösse der Auswaschungsseen im Verhältniss steht zu den ihnen entsprechenden Flussgebieten. So haben die zwei grössten Schweizer-Seen, der Boden- und der Genfer-See, bei Weitem die grössten Flussgebiete. Ein solches Verhältniss steht aber vollkommen im Einklang mit der Vermuthung, welche die Seen der Ebene durch gewaltige, plötzlich aus dem Innern der Alpen hervorbrechende Fluthen aushöhlen lässt, wogegen das Verhältniss unerklärt bliebe, wenn die Seen lediglich das Resultat von Einsenkungen wären.

Parallelismus der Seen und der Flüsse,

Wenn man von der Höhe des Rigi auf das Flachland herabblickt und sieht wie Flüsse und Seen die gleiche Richtung verfolgen, kann man sich kaum des Gedankens erwehren, dass beide einer und derselben Ursache ihre Entstehung verdanken, dass mithin unter dem Impuls einer von den Alpen gegen den Jura, in der Richtung der allgemeinen Abdachung wirkenden grossen Strömung, der Molasseboden eingeschnitten und stellenweise aufgewühlt wurde. Dies ist, wie wir schon

fremden Trümmern überschüttet wurden. Sie haben im Gegentheil bedeutende Veränderungen erlitten, sowohl in ihrer Gestalt als auch in ihrer Ausdehnung. Einige derselben, der Iseo-, der Garda-See sind, wie schon oben bemerkt, durch alte Moräne so gut eingedämmt, dass, wollte man diese steinigten Dämme abtragen, nothwendigerweise ein Sinken des Wasserspiegels eintreten würde und eben dadurch eine Veränderung in der Form und den Umrissen der Seen, die wahrscheinlich ihre frühere vor-erratische Gestalt wieder annehmen würden.

Andere ebenfalls nicht minder bedeutende Umänderungen sind im Laufe der Zeit durch das Werk der Flüsse zu Stande gekommen. Es gibt keinen der grossen Schweizer-Seen, welcher nicht nach und nach seinen Flächeninhalt hätte schwinden sehen. Der Genfer-See hat wenigstens einen Theil des Raumes zwischen Saint-Maurice und Bouveret seit der bestehenden Ordnung der Dinge eingebüsst; der Bodensee ist in einem noch viel bedeutenderen Umfange ausgefüllt worden; ja die Frage ist sogar gestattet, ob er nicht einst mit dem Wallensee zusammenhing. Dieser selbst musste mit dem Züricher-See in Verbindung stehen, bevor die Anschwemmungen der Linth die sie trennende sumpfige Ebene schufen, welche heute von dem Linth-Canal durchschnitten wird, jenem ruhmvollen Denkmal der patriotischen Beharrlichkeit und Ausdauer seines Urhebers *). Der Vierwaldstädter-See musste bis gegen Ertsfelden hinaufreichen; der Briener-See erstreckte sich bis Meyringen und war zugleich mit dem Thuner-See vereinigt, bevor die Lutschine die Anschwemmungen, welche die Ebene bei Interlaken bilden, abgelagert hatte. Endlich ist es mehr als wahrscheinlich, dass der Neuenburger-See ein einziges Wasserbecken mit dem Bieler- und Murten-See, dem grossen Sumpfe, den Sümpfen der Orbe und denen der Broye bildete. Die italienischen Seen sind auf die gleiche Weise vermindert worden. Der Langensee stieg früher bis Bellinzona, der Comer-See bis Chiavenna, der Lugano-See bis Piano etc.

Wenn einestheils die Seen durch stellenweises Ausfüllen verringert werden, so müssen wir andererseits nicht vergessen, dass dieses Ergebniss mehr oder weniger durch die Einwirkung der Wellen ausgeglichen wird, welche fortwährend an ihren Ufern nagen. Jede am Gestade sich brechende Welle bewirkt eine Abreibung, die einen wenn auch noch so kleinen Theil des Ufers entführt. Diese zerstörende Wirkung steht im umgekehrten Verhältnisse zu der Härte der Felsen

*) Konrad Escher von der Linth, Vater des Geologen gleichen Namens, eines der Verfasser der Schweizer geologischen Karte.

sehr fühlbar auf den weichen, kaum bemerkbar auf den compacten Felsen. Im Ganzen ist es jedoch nicht die unmittelbare Abreibung, welche die bedeutendsten Wirkungen hervorbringt. Die Welle wirkt auch unmittelbar und zwar kräftiger dadurch, dass sie die Ufer unterwühlt. Man sieht, sodann, von den steilen Wänden grosse Felsstücke sich ablösen und herabstürzen, wodurch das Gebiet des Sees um so viel vergrössert wird. Solches kann man alljährlich an dem südlichen Gestade unserer jurassischen Seen wahrnehmen. Die Verwitterung thut bald das ihrige, diese herabgefallenen, leicht zerstöbaren Massen aufzulösen, welche sodann von den Wellen fortgeführt und in Gestalt eines feinen Sandes abgelagert, jene seichte Zone bilden, welche längs des Molasse-Ufers sich hinzieht und am Neuenburger-See unter dem Namen des weissen Grundes bekannt ist*).

Wenn auch, seit dem Rückzuge der grossen Gletscher, keine neue Gebirgskette sich erhoben und somit keine gänzliche Umgestaltung der Erdoberfläche mehr stattgefunden hat, so darf man daraus doch nicht schliessen, dass keine Veränderung in der Vertheilung der Wasser und der Begrenzung der Continente eingetreten sei. Im Gegentheil zeugen gewisse, einer sehr naheliegenden Zeit angehörige Diluvialgebilde von bedeutenden Fluthen, welche mit dem Verschwinden gewisser grossen Säugethiere, dem Mammuththier, dem Rhinoceros mit engen Nasenlöchern und dem Höhlenbär zusammenzufallen scheinen. Von ähnlichen Fluthungen rühren wohl auch die Diluvialgebilde aus der Gegend von Amiens und Abbeville her, in welchen die Ueberbleibsel menschlicher Industrie sich mit den Knochen grosser ausgestorbener Säugethiere, den Zeitgenossen vorsündfluthlicher Menschen, vergesellschaftet finden.

Zur Vervollständigung dieser Angaben über die Umgestaltung der Seen im Laufe der Zeiten sollten wir der Niveau-Veränderungen gedenken, welche viele unserer Wasserbecken, besonders aber die jurassischen Seen in der geschichtlichen Zeit erfahren haben. Allein dazu müssten wir auf das Gebiet der Archäologie eingehen und namentlich den Pfahlbauten, von denen unsere Seen so interessante Ueberreste verbergen, gehörige Rechnung tragen. Dieser Gegenstand ist jedoch zu bedeutend, um nur beiläufig behandelt zu werden.

Dieselben Gründe verhindern uns, auf die Untersuchung der früher sehr verbreiteten, auf Saussure's Autorität sich stützenden, aber heutigen Tages aufgegebenen Hypothese einzugehen, wonach die ganze

*) S. Mémoires de la Soc. des sciences naturelles, tome III.

Schweizer Ebene früher ein einziges grosses Wasserbecken gebildet hätte, in das sich sämtliche Wasser der Alpen und des Jura ergossen hätten und von dem die heutigen Seen nur die Ueberreste wären.

Schlussfolgerungen.

Obige die Entstehung der Seen betreffende Darstellung lässt sich in folgenden Sätzen übersichtlich zusammenfassen.

1°. Sämtliche Alpen-Seen können auf zwei Haupttypen zurückgeführt werden, die orographischen oder Berg-Seen und die Auswaschungs-Seen.

2°. Die orographischen Seen liegen mitten in den Bergen. Ihre Becken sind auf's Engste mit dem Bau der Gebirge verknüpft. Es sind Risse oder Faltungen aus der Zeit der Erhebung, die später sich mit Wasser angefüllt haben und zu Seen geworden sind.

3°. Die Auswaschungs-Seen liegen in der Ebene oder an dem Saum der Gebirge. Ihre Becken sind das Werk des Wassers.

4°. Die orographischen Seen zerfallen in drei Gattungen: die Mulden-Seen, welche die einförmigsten sind, die Comben-Seen, deren beide Ufer sich nicht entsprechen, und die Clusen-Seen, von Allen die mannigfaltigsten und vorzugsweise die malerischen Seen.

5°. Es kommt vor, dass ein See mehrere Typen vereinigt, wie der Vierwaldstädter-, welcher zugleich Clusen-, Mulden- und Auswaschungs-See ist, und der Lugano-See, der Clusen- und Comben-See ist.

6°. Die Auswaschungs-Seen haben weder die Mannigfaltigkeit noch den Reiz der orographischen Seen. Ihre Ufer sind im Allgemeinen gleichförmiger, ausgenommen am Rande der Gebirge, wo sie von Hügeln umgeben sind, welche häufig ihren Ufern einen sehr freundlichen Anblick gewähren, wie am Züricher-See und am Ausgange des Genfer-Sees.

7°. Man unterscheidet in der Schweizer-Ebene zwei Arten von Auswaschungs-Seen; die Seen der östlichen Schweiz, welche sämtlich der Richtung der Abdachung der Ebene folgen, und diejenigen, welche wir mit dem Namen der jurassischen Seen bezeichnet haben, weil sie der Richtung des Jura folgen.

8°. Es gibt Seen, welche zugleich Auswaschungs- und orographische Seen (zusammengesetzte Seen) sind. Der Neuenburger- und der Bieler-See fallen in diese Kategorie.

9°. Die Becken der orographischen Seen sind mit der Erhebung der Gebirge entstanden. Da nun der Jura und die Alpen zur Zeit des Transports der erratischen Blöcke bereits in ihrer jetzigen Ge-

stalt existirten, so folgt daraus, dass ihre Becken früheren Ursprungs sind als der Transport der Blöcke.

10°. Der Umstand, dass sie bei der Verbreitung der Alpengerölle nicht ausgefüllt wurden, erklärt sich durch die Annahme, dass ihre Becken vorübergehend von Gletschern in Beschlag genommen wurden, welche später wieder verschwanden.

11°. Was bei den orographischen Seen sich als wahr bekundet, muss auch auf die Auswaschungs-Seen seine Anwendung finden. Auch diese müssen, da sie gleich den orographischen Seen von Alpengeröll umgeben und doch damit nicht angefüllt sind, dem Transport des erraticen Materials vorausgegangen sein. Es sind vorerratische Auswaschungen aus der Zeit der Alpen-Erhebung in der Richtung der allgemeinen Abdachung der Ebene. Daher ihr Parallelismus mit den Flüssen.

12°. Die Italienischen Seen, obgleich im Ganzen den Charakter von Clusen-Seen beibehaltend, bestehen nicht aus einem einzigen Risse, sondern aus einer Reihe von schiefen Clusen, welche durch Mulden verbunden sind.

13°. Eine eigenthümliche Art bilden die Moränen-Seen, deren Typus uns in den Seen der Brianza geboten ist.

14°. Die Seen haben seit der erraticen Epoche bedeutende Umgestaltungen erlitten, wie es die Anschwemmungen bezeugen, welche sich überall als das Werk der Flüsse erweisen.

Ein Wort über die Karte.

Die hier beigelegte Karte gibt sich nicht für ein treues Bild der Alpentopographie aus; ihr Hauptzweck ist, die Vertheilung und Gliederung der grossen krystallinischen Centralmassen und deren Verhältniss zu den Sedimentgesteinen darzustellen. Was diese letzteren betrifft, so haben wir uns auf die Hauptabtheilungen beschränkt, nämlich auf die paläozoische, die triasische, die liasische, einschliesslich des Oolits und der Kreide, endlich die tertiäre Formationsreihe. Die letztere indessen konnte durch zwei verschiedene Färbungen bezeichnet werden, deren eine die eocäne, die andere die miocäne Formation darstellt. Die quaternären oder Diluvialbildungen sind weiss gelassen. Die Kreideformation nimmt im Allgemeinen nicht hinlänglich grosse Räume ein, um mit Vortheil auf einer Karte von so geringem Umfange dargestellt zu werden.

Wenn wir, nach dem Beispiel von Studer und Escher die azoischen Formationen nicht unterschieden haben, so geschah diess nicht etwa desshalb, weil wir ihre Auwesenheit in den Alpen in Abrede stellen. Eine grosse Anzahl von Felsbildungen, die hier als krystallinisch angegeben sind, und die man dieser Bezeichnung zufolge für Erzeugnisse des Feuers halten könnte, sind in der That vielleicht nichts anders als modificirte Sedimentgesteine. So unter andern die Glimmerschiefer, die Talkschiefer, die Gneisse und vielleicht auch gewisse Protogine. Aber wo soll man einhalten, wenn man einmal diesen Weg betreten hat? Es ist augenscheinlich, dass so lange die grosse Frage des Metamorphismus nicht gelöst ist, die Begrenzung der krystallinischen Gesteine in den Alpen immer mehr oder weniger willkürlich bleiben wird. Indessen haben doch die krystallinischen Gesteine eine eigenthümliche Physionomie, welche auch in der Form und den Umrissen der Berge ihren Ausdruck finden. Sie sind es, die das Zimmerwerk oder wenn man will das Skelet der Alpen bilden, und welche daher eine besondere Aufmerksamkeit nicht allein von Seiten des Geologen sondern auch von Seiten des Geographen verdienen.

Wir haben unter derselben Färbung den Protogin, den Granitgneiss, den Gneiss, den Glimmerschiefer und den Talkschiefer vereinigt, wegen der zahlreichen Uebergänge, welche zwischen diesen verschiedenen Formen auftreten. Der massige Granit von mehr eruptivem Aussehen

wie an dem Bernina, Mont Adamello, Baveno, ist durch eine dunklere Farbe bezeichnet. So sind auch die Porphyre und Melaphyre speziell angegeben, weil ihre ganz eigenthümliche Structur auf einen von dem andern Gestein verschiedenen Ursprung schliessen lässt.

Die Hornblendegesteine schienen uns aus eben dem Grund eine besondere Hervorhebung zu verdienen. Wenn sie auch eine mehr oder weniger vollkommen krystallinische Structur besitzen, so erregt doch die Art ihrer Vertheilung zwischen grossen Centralmassen und die Rolle welche sie hier überhaupt spielen, ernstliche Zweifel über ihren eruptiven Ursprung, besonders wenn man ihre Verbindung mit andern, offenbar sedimentären Gesteinen, namentlich mit den krystallinischen Kalken und den Serpentinien berücksichtigt.

Die grauen und grünen Schiefer H. Studers, sowie die Casanna-schiefer und im Allgemeinen die Uebergangsschiefer sind zu der paläozoischen Reihe gezogen, nicht sowohl weil ihr Alter überall erwiesen oder erweisbar wäre, als wegen ihrer Lagerung und Struktur, welche ungeachtet tief eingreifender Veränderungen, doch einen sedimentären Ursprung verräth. In der Schweiz bilden sie die grosse Masse der paläozoischen Formationen, und man kann wohl annehmen, dass sie daselbst nicht bloss die Kohlenformation, sondern auch ältere Bildungen repräsentiren, namentlich die silurischen und devonischen Schichten von welchen deutlich nachgewiesene Lappen in den Oesterreichischen Alpen vorkommen. Die schwierigsten von allen sind die Bündner Schiefer. Nach Absonderung aller derjenigen Schichtencomplexe, welche erwiesenermassen zu bekannten und bestimmten Formationen gehören, bleibt doch in den Rhätischen und Tyroler Alpen noch eine grosse Reihe von unbestimmten Schiefen übrig, welche wir ebenfalls in die grosse Abtheilung der alten Sedimentgesteine eingereiht haben, weil man ihr bestimmtes Alter nicht kennt.*)

Die bedeutenderen krystallinischen Centralmassen der Alpen sind durch Ziffern angegeben.

Verzeichniss der krystallinischen Centralmassen.

- | | | |
|------|--------------|------------------------|
| I. | Centralmasse | der Ligurischen Alpen. |
| II. | „ | der Seealpen. |
| III. | „ | der Cottischen Alpen. |

*) Den neueren diesjährigen Untersuchungen zufolge dürfte sie in die Trias zu ziehen sein.

IV.	Centralmasse	der Grajischen Alpen.
V.	„	von Oisans oder Pelvoux.
VI.	„	von les Rousses.
VII.	„	der Westalpen.
VIII.	„	des Montblanc.
IX.	„	der Aiguilles Rouges.
X.	„	von Wallis.
XI.	„	des Simplon.
XII.	„	von Tessin.
XIII.	„	des Finsteraarhorns.
XIV.	„	des St. Gotthard.
XV.	„	des Monte Rosa.
XVI.	„	des Adula.
XVII.	„	der Sureta.
XVIII.	„	der vier Seen.
XIX.	„	des Bernina.
XX.	„	des Piz Adamello.
XXI.	„	der Selvretta.
XXII.	„	von Oetzthal.
XXIII.	„	des Ortles.
XXIV.	„	der Trienter Alpen.
XXV.	„	der Tauern.
XXVI.	„	des Ankogel.
XXVII.	„	der Drau.
XXVIII.	„	der Carnischen Alpen.
XXIX.	„	der Steyrischen Alpen.
XXX.	„	des Gurk.
XXXI.	„	der Kärnthner Alpen.
XXXII.	„	des Bacherwaldes.
XXXIII.	„	des Sömmering oder der Fischbacher Alpen.



C. W. Kreidel's Verlag in Wiesbaden.

Durch alle Buchhandlungen des In- und Auslandes zu beziehen:

Synopsis
des
Échinides fossiles

par
E. Desor.

Klein 4^o. 61 Bogen Text und 44 Tafeln Abbildungen. Preis 12 Thlr.

Untersuchungen
über das
Mainzer Tertiärbecken
und dessen
Stellung im geologischen Systeme

von
Dr. Fridolin Sandberger.

Gr. 8^o. Geheftet. Preis 1 Thlr.

Systematische Beschreibung und Abbildung
der
Versteinerungen
des
Rheinischen Schichtensystems
in
Nassau.

Mit einer kurzgefassten

Geognosie

dieses Gebietes und mit steter Berücksichtigung analoger
Schichten anderer Länder

von
Dr. Guido und Fridolin Sandberger.

Hoch-Quart, 72 Bogen Text mit Holzschnitten und 41 lithogr. Tafeln
Abbildungen in Folio. — Preis 28 Thlr. 10 Ngr.

Die Conchylien
des
Mainzer Tertiärbeckens

von
Dr. Fridolin Sandberger.
K. o. Universitäts-Professor in Würzburg.

Hoch-Quart, 60 Bogen Text mit 35 lithographirten Tafeln. Complet.
Preis 26 Thlr.

Uebersicht
der
geologischen Verhältnisse
des
Herzogthums Nassau

von
Dr. Fridolin Sandberger.

Als Anhang
eine Skizze des Berg- und Hüttenbetriebs und der Bergverwaltung
von **Hugo Grandjean**, Berggeschwornem zu Dillenburg.
Nebst einer geognostischen Uebersichtskarte.
8^o. Geheftet. Preis 1 Thlr.

Das
Berg- und Hüttenwesen
im
Herzogthum Nassau.

Statistische Nachrichten, mineralogische und technische Beschreibungen des Vorkommens nutzbarer Mineralien, des Bergbaues und Hüttenbetriebs.

In Ermächtigung der Herzoglichen Landes-Regierung nach amtlichen Quellen und unter Mitwirkung von Herzoglichen und Privat-Berg- und Hüttenbeamten, und von Werkseigenthümern

herausgegeben

von
F. Odernheimer.
Oberberggrath.

Erstes Heft mit vier Plänen. Zweites Heft mit sechs Plänen.

Preis eines jeden Heftes in gr. 8^o geheftet 1 Thlr. 10 Ngr.

Die
Diabas-
und
Laven-Formation
der
Insel Palma.

Von
Wilhelm Reiss.

Mit einer Tafel.

Gr. 8°. Geheftet. Preis 24 Ngr.

Nassau's Flora.

Ein Taschenbuch

zum

Gebrauche bei botanischen Excursionen
in die

vaterländische Pflanzenwelt.

Phanorogamen.

Bearbeitet

von

Leopold Fockel.

Mit 1 geognostischen Karte und 11 analytischen Tafeln.

Geheftet. Preis 1 Thlr. 10 Ngr.

Technisches Hilfs- und Handbuch

zum Gebrauche für Ingenieure, Architekten, Maschinen- und
Mühlenbauer, Fabrikanten, technische Behörden und Freunde
der Technik überhaupt.

Mit vielen Holzschnitten.

Von

Oberbaurath H. Rössler.

Gross Octav. 656 Seiten. Preis 2 Thlr. 8 Ngr.

Das Werk dient dem **Architecten** und **Ingenieur**, sowie jedem **Techniker** als ein vortreffliches **Nachschlagbuch**, und ist für den **Gewerbetreibenden** durch die erläuternde Behandlung des reichen Stoffes ein **Hand- und Lehrbuch**, aus dem derselbe vielfache Belehrung und damit Nutzen für sein Geschäft zu ziehen vermag. Auch dem **Privatmanne** bietet es zuverlässigen Aufschluss über viele Fragen, die im Leben und Verkehr an ihn herantreten, für deren Beantwortung die gewöhnlichen Handbibliotheken nicht ausreichen. Die Kritik hat sich über dasselbe bereits in der anerkanntesten Weise ausgesprochen und es als das **beste technische Hilfsbuch** bezeichnet.

Der
Spiriferensandstein
und seine
Metamorphosen.

Von
E. Herget.

Mit einem Vorwort

von

Dr. Fridolin Sandberger.

Mit einer Tabelle.

Gr. 8^o. Geheftet. Preis 1 Thlr. 18 Ngr.

Das „Literarische Centralblatt“ sagt darüber: „Der Verfasser gelangt durch seine gründlichen chemisch-geologischen Untersuchungen des im Uebergangsgebirge wichtigen Spiriferensandsteines zu eigenen Ansichten über denselben, und da er die Untersuchungen ausführlich darlegt, so werden Chemiker und Geologen die schöne Arbeit nicht unbeachtet lassen dürfen, vielmehr einer eingehenden Prüfung unterwerfen, und, wie wir glauben, auch die allgemeinen Resultate derselben bestätigen müssen.“

Leitfaden

für den

wissenschaftlichen Unterricht

in der

Chemie.

Für

Gymnasien, Realschulen und zum Selbstunterrichte

von

Dr. W. Casselmann.

Lehrer der Chemie am Real-Gymnasium in Wiesbaden.

Erster Cursus.

Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage.

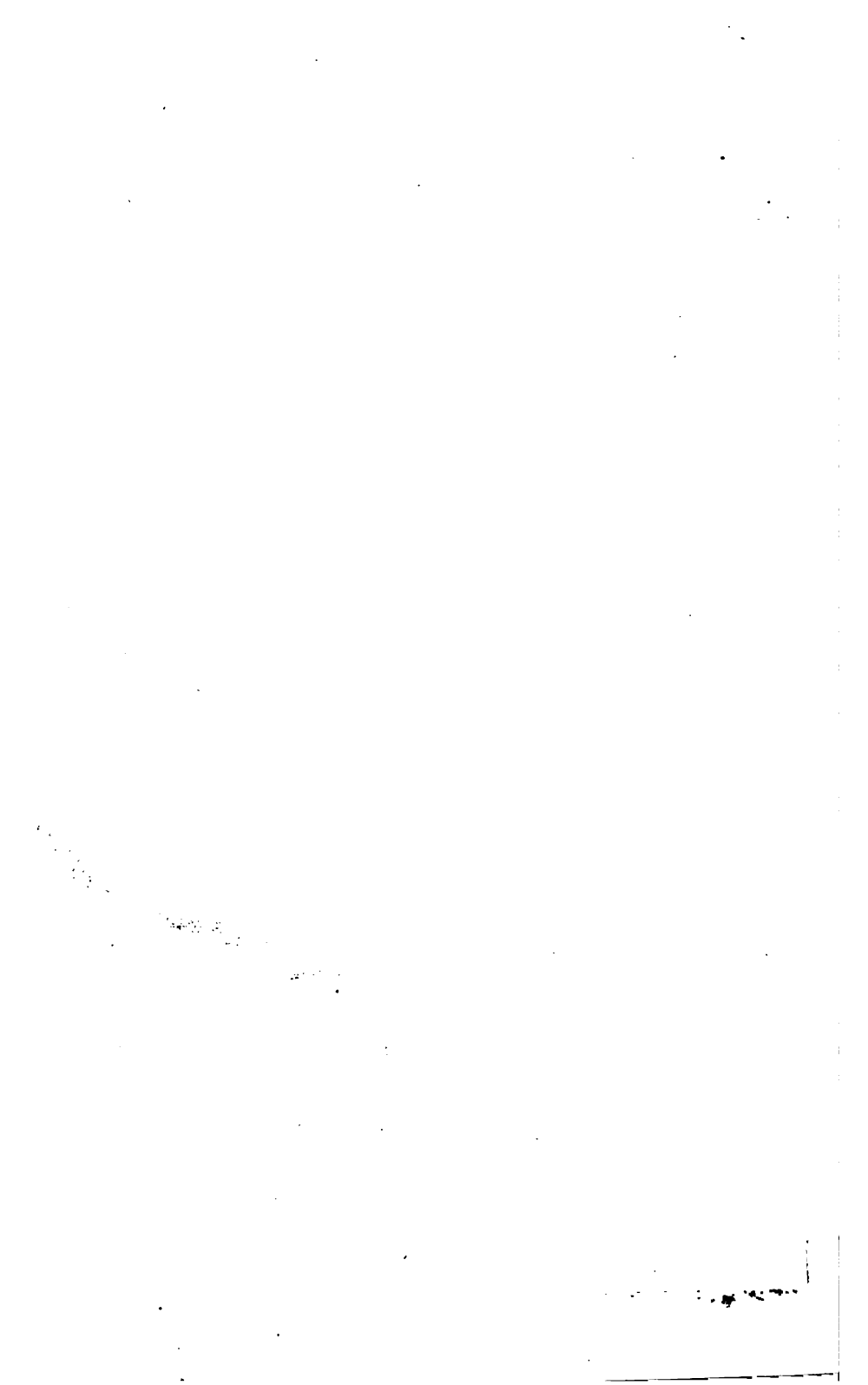
Mit in den Text eingedruckten Holzstichen.

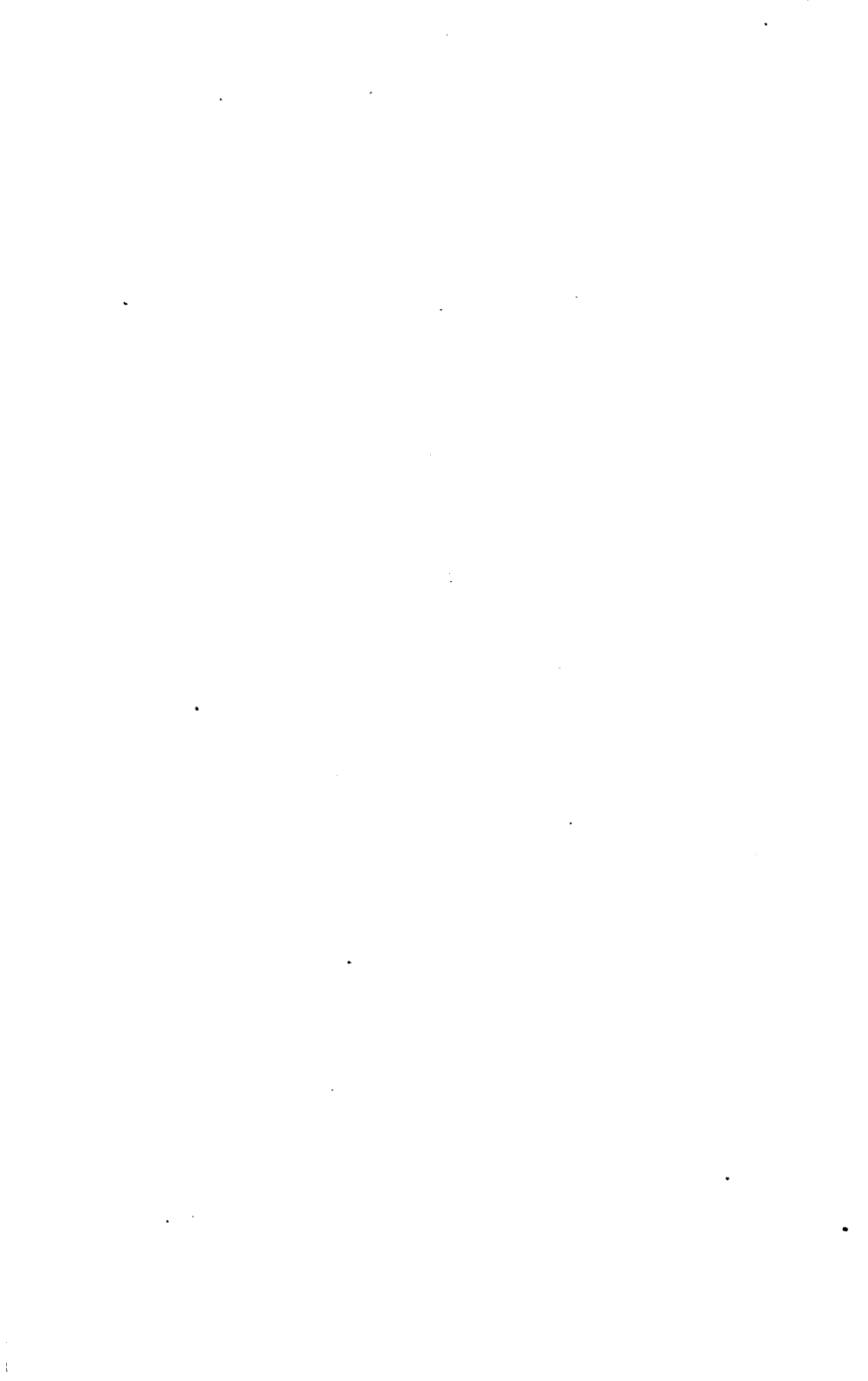
8^o. Geheftet. Preis 24 Ngr.

Die Methode des Unterrichts, welche der Verfasser in seinem Leitfaden befolgt, ist von Fachmännern anerkannt worden, und ist diese neue, wesentlich verbesserte Auflage den Lehrern an höheren Unterrichtsanstalten, Gymnasien, Lyceen, Realgymnasien und höheren Realschulen zur Einführung besonders zu empfehlen.

Druck von Ph. Müller & Comp. in Wiesbaden.







Druck von Ph. Müller & Comp. in Wiesbaden.



